ESTEREOFONIA

HERMAN BURSTEIN

ARBÓ EDITORES S. R. L. Buenos Aires - Argentina


ESTEREOFONIA
ARBÓ
EDITORES



HERMAN BURSTEIN

estereofonía

ARBÓ EDITORES S. R. L.
Avda. Martín García 653
BUENOS AIRES - ARGENTINA

Original English edition published by
GERNSBACK LIBRARY, INC., New York City

Impreso en Argentina
Printed in Argentine

contenido

capítulo pág.

introduccion

En la alta fidelidad están resumidos éxitos e investigaciones. Si bien los modernos desarrollos en materia de audio y los equipos más avanzados hacen posible disfrutar de una muy buena reproducción del sonido, no puede decirse aún que la técnica sea capaz de lograr un facsímil exacto, indistinguible del original para cualquier oyente. La deficiencia resulta particularmente evidente cuando se trata de un grupo extenso como es el caso de una orquesta sinfónica; se explica así que continúe la incesante búsqueda de una imitación absolutamente fiel de la ejecución viva. Cada año se introducen desarrollos que nos acercan más a la esquiva meta de una perfecta reproducción; una meta que muchos consideran altamente digna de ser perseguida aún cuando nunca sea alcanzada.

La reproducción estereofónica se destaca extraordinariamente como un medio hacia el objetivo del completo realismo; en este momento, la semilla que se sembrara más de 25 años atrás está comenzando a dar sus frutos. Los componentes estereofónicos para el hogar —cápsulas estereofónicas, amplificadores de control e integrales para estéreo, sistemas duales de parlantes, sintonizadores duales de MA-MF (que pueden accionarse simultáneamente), adaptadores de múltiplex, grabadores de cinta estereofónicos, etc.— son todos de la más reciente cosecha. Los discos estereofónicos están haciendo progresos; las cintas estereofónicas, aunque aparecieron en el escenario durante un período, son aún relativamente costosas y no han rendido apreciablemente su potencial estimado. En resumen, el estéreo en el hogar es aún muy joven.

Pero para ubicar el estéreo en su verdadera perspectiva, es bueno saber que esta historia se proyecta en el pasado a más de un cuarto de siglo. Entre los acontecimientos descollantes de la misma, están los experimentos llevados a cabo por la American Academy of Music de Filadelfia en 1932: un maniquí de sastre, al que se apodó Oscar, con un micrófono en cada oreja, captaba los diferentes sonidos que emanaban desde el escenario del auditorium. Los sonidos que llegaban a los micrófonos izquierdo y derecho, se amplificaban y se inyectaban, respectivamente, a las partes izquierda y derecha de los auriculares utilizados por los oyentes en diferentes partes del salón.

Por intermedio de Oscar, un sector apreciable de público tuvo su primer contacto con la reproducción estereofónica en la Exposi-

ción de un Siglo de Progreso de Chicago, en 1933. Se ubicó a Oscar en una cabina y los visitantes que ascendían a una galería próxima y se colocaban los auriculares podían escuchar, en la modalidad biauricular, los diferentes sonidos de su vecindad a través de los oídos de Oscar.

En 1933, la Bell Laboratories llevó a término una serie de experimentos para determinar hasta qué punto los oyentes podían identificar la ubicación original del sonido. Se usaron dos o tres micrófonos en varias disposiciones en combinación con dos o tres parlantes; la fuente de sonido y los micrófonos estaban situados en un salón tratado acusticamente, mientras que los parlantes se colocaron en el escenario del auditorium, ocultos detrás de una cortina.

El 27 de abril de 1933, la ejecución de la Orquesta de Filadelfia en la American Academy of Music de Filadelfia, fue captada por dos micrófonos dispuestos en cada extremo del escenario y trasmitida por cable telefónico a los altavoces colocados en el Constitution Hall de Washington. En esta ocasión precursora, el Dr. F. B. Jewett, vicepresidente de la American Telephone & Telegraph Co. comentó:

> "En lo que se refiere al futuro de las realizaciones mostradas hoy aquí, es difícil formular predicciones definitivas. Lo que hemos hecho es crear micrófonos de captación, amplificadores, filtros eléctricos, líneas de transmisión y altavoces, reproductores tan perfectos, que permitan duplicar a una cierta distancia, el rango completo de volumen y frecuencias de la más elevada música vocal e instrumental sin detrimento de la calidad. También hemos trabajado sobre las disposiciones que hacen posible una perspectiva de auditorio sustancialmente perfecta; esta última es una parte esencial del problema si lo que se busca es una ilusión realística de la distribución que guardan los componentes de una orquesta.
>
> Hemos puesto a disposición del director musical los medios que le permitirán obtener en un punto distante, o en muchos de ellos simultáneamente, una réplica completamente fiel de los efectos tonales producidos localmente en el escenario del auditorium donde la orquesta está ejecutando..."[1]

¿Por qué llevó un cuarto de siglo la aparición de la reproducción estereofónica en el hogar habiendo probado sus resultados exitosos de tan antiguo como 1933? Por una razón: subsistía el problema de encontrar un medio satisfactorio de trasmisión. Los experimentos de 1933 utilizaban líneas telefónicas como medio de enlace entre los micrófonos y los auriculares o altavoces; si bien resultaban adecuadas

---

1 "The Reproduction of Orchestral Music in Auditory Perspective", *Bell Laboratories Record,* mayo 1933.

para propósitos experimentales y demostrativos, las líneas telefónicas no pueden considerarse económicamente satisfactorias para conducir el estéreo al hogar. Hoy, en cambio, tenemos tres medios —radio, fonógrafo y cinta— capaces de traer al hogar un sonido de alta calidad, cada uno de los cuales ofrece amplia y uniforme respuesta de frecuencias, reducida distorsión y bajo ruido. La radio y el fonógrafo, tal como existían en 1933, no suministraban trasmisiones de alta calidad y la cinta no había evolucionado aún en el aspecto práctico y comercial. Los perfeccionamientos operados en la radiofonía incluyen desarrollos tanto en la trasmisión como en la recepción, con particular atención en la MF; en lo que respecta al fonógrafo, se han verificado grandes progresos técnicos en los mecanismos cortadores, sistemas de grabación, materiales para discos, platos giratorios, velocidades, cápsulas y brazos.

Otro factor que demoró la aparición del estéreo en el hogar fué la transición entre el laboratorio y el consumidor, un proceso generalmente largo y dificultoso. El desarrollo de una técnica o ciencia nunca sigue un camino llano sino uno sembrado de asperezas y reveses. Deben conciliarse las teorías y opiniones inevitablemente en conflicto y aunarse criterios sobre los aspectos tecnológicos, de modo que se llegue al público con un sistema básico y no con una cantidad de métodos entre los cuales deba elegir sin saber cómo hacerlo. Por ejemplo, existe acuerdo general en que debe usarse para los discos fonográficos el sistema Westrex y que han de emplearse para las cintas cabezas apiladas en lugar de cabezas escalonadas y ecualización NARTB.

Finalmente, debe desarrollarse en el público el deseo de disfrutar los beneficios de la nueva técnica y la preparación para recibirla; un producto puede fracasar por la única razón de haberse adelantado a su época y no por sus deficiencias técnicas. En la década pasada, la alta fidelidad pasó de lo que algunas personas calificaron de manía a constituirse en una parte permanente de nuestra vida diaria, tanto como lo es el refrigerador eléctrico, el receptor de TV y otros artículos similares; de este modo se ha establecido un firme cimiento para la introducción de la estereofonía. Cuando el público tuvo conocimiento de que existían oportunidades para lograr una buena reproducción musical y se hubo acostumbrado a ello, pidió, de más en más, mejor reproducción —parece ser una ley básica que nuestros deseos nunca son satisfechos. De manera que la época está madura para el estéreo y si bien éste se ha desarrollado suficientemente como para haber salvado la transición entre el laboratorio y el hogar, aumentando en forma conmesurable el placer que muchas personas derivan de la música reproducida, está muy lejos aún

el conocimiento completo de las técnicas más adecuadas y de los mejores tipos de equipos. La ubicación y tipo de los micrófonos utilizados, las técnicas de grabación y radiodifusión, las funciones y los controles requeridos en los amplificadores estereofónicos, el tipo y distribución de los parlantes, etc., son todos campos abiertos al pensamiento, la experiencia y la investigación. De allí que la estereofonía deba ser reconocida como lo que es: un niño que crece rápidamente.

En consecuencia, no es posible en la actualidad presentar al lector un libro que sólo contenga hechos incontrovertibles relativos al estéreo; se justifica, sin embargo, para sacar partido de la opinión experta sobre lo que constituye buena estereofonía. Debe admitirse que algunos de los juicios autorizados de unos pocos años atrás, o aún de unos pocos meses, ya son cuestionables, lo que resulta inevitable en una materia de tan reciente data. Indudablemente, algunos de los puntos de vista presentados ahora, quedarán sujetos del mismo modo a una futura reconsideración. Por otra parte, la técnica ha evolucionado bastante a lo largo de las líneas teórica y empírica como para que resulte valiosa la presentación de un libro conteniendo información suficientemente útil. Si los expertos emiten sus opiniones, éstas, al menos, estarán abonadas por buenas informaciones y por lo tanto, con mayores posibilidades de resultar correctas que equivocadas.

Este libro busca ser objetivo al tratar sobre la estereofonía antes que a elogiarla; por consiguiente versará sobre los problemas tanto como sobre las técnicas y hallazgos. Si bien el estéreo tiene mucho que ofrecer, no sería un milagro que en un momento hiciera anticuado todo lo monofónico y superara por completo los problemas anteriores de la reproducción de audio. Aunque la estereofonía puede agregar algo de valor a la reproducción sonora, la que ha logrado ya un alto rango de calidad, no puede enmascarar fallas serias; además, mientras el estéreo tiene algo para dar, también exige algo en retribución, tal como un mayor dispendio de dinero, más paciencia, más esfuerzo y más espacio que lo requerido usualmente para la reproducción monofónica.

Este libro se ha escrito tanto para el audiófilo sin conocimientos técnicos como para las personas versadas en la ciencia electrónica; se supone solamente que el lector tiene un conocimiento rudimentario de la terminología utilizada en alta fidelidad, de modo que no sea necesario darle explicación sobre términos tales como amplificador, preamplificador, sintonizador, cápsula, woofer, tweeter, respuesta de frecuencias, distorsión, relación señal-ruido, etc. Para aquellos que pudieran interesarse por un libro elemental sobre la alta fidelidad nos

remitimos al publicado por el autor: *Fundamentals of High Fidelity*[1].

Aunque la mayoría de los audiófilos se interesan principalmente por los problemas de instalar un sistema estereofónico en el hogar y obtener de este equipo el máximo rendimiento, el autor cree que un conocimiento general de la estereofonía, incluyendo los aspectos relativos a la grabación y radiodifusión, resultará de valor para el lector. Por lo tanto, este libro trata no solamente de lo concerniente a la reproducción estereofónica, sino también de las técnicas para la irradiación del estéreo. Tales antecedentes sobre los fundamentos, capacitará al audiófilo a adquirir un concepto mejor formado de lo que puede exigir de su equipo reproductor; por otra parte, hay principios funcionales en las fases de grabación y radiodifusión, que tienen sus contrapartes en el aspecto de la reproducción. Por último, se espera que una relación completa de la técnica estereofónica ayudará a satisfacer la curiosidad intelectual.

Si nuestros gustos y pretensiones son moderados, el equipo estereofónico adquirido inicialmente prestará servicios satisfactorios durante un largo período de tiempo; pero si nuestras demandas son exigentes, la técnica de estéreo ofrecerá al cabo de unos pocos años, mucho más que al principio. Sin embargo, esto no debe constituir un factor de retracción, al menos para el audiófilo con algo de espíritu pionero que quiera disfrutar la emoción de estrechar vínculos con la técnica naciente, la misma emoción que experimentaron aquellos que se mantuvieron en contacto con los primeros años de la radio y la televisión. Además, tales cambios en los equipos, según sean dictados por los progresos técnicos, serán probablemente graduales, necesitando el reemplazo de un sólo componente por vez y no de todo el sistema simultáneamente. Este es un esquema familiar en la reproducción monofónica; nos hemos provisto de un amplificador de más calidad en cierta ocasión, de una cápsula mejor en otra, y así sucesivamente. Los componentes que fueron reemplazados, no deben desecharse forzosamente, sino que pueden negociarse para adquirir los nuevos o utilizarse para un segundo sistema de alta fidelidad destinado, por ejemplo, al taller.

El autor quiere expresar su estima a los editores de *Radio & TV News* por haberle autorizado el uso de material tomado de varios artículos sobre estereofonía que aquél escribiera para ese periódico. Debe agradecimiento, de igual modo, a *Electronic Technician* y RADIO ELECTRONICS MAGAZINE, por permitirle utilizar porciones de artículos aparecidos en aquellas revistas.

HERMAN BURSTEIN

---

[1] John F. Rider, Publisher, Inc.



capítulo 1

formas de la reproducción de audio

PARA apreciar la estereofonía en sus verdaderas dimensiones es necesario advertir las diferencias que presenta con la alta fidelidad convencional, así como las características que ésta y aquélla tienen en común. Una sencilla distinción básica puede establecerse entre el sonido monofónico y el no monofónico; este último se divide en tres categorías: biauricular, estereofónico (abreviadamente *estéreo*) y una categoría intermedia, cuasi-estéreo.

A través de la discusión de estas categorías se encontrará repetidamente la palabra *canal.* El significado de canal es: un dispositivo o técnica destinada a conducir una señal de audio durante la grabación, transmisión o reproducción del sonido. La señal en cuestión puede ser compleja representando, por ejemplo, una gran cantidad de instrumentos o un grupo de voces. La palabra canal también designa la señal de audio conducida por estos medios, de modo que al aplicarla podemos estar refiriéndonos a un conjunto de componentes relacionados entre sí dentro de un estudio de grabación ya sea en discos o en cinta o dentro de un estudio de broadcasting; a un grupo de componentes de audio en el hogar; a la forma de onda físicamente inscripta en un disco, magnéticamente inscripta en una cinta o electromagnéticamente propagada por medio de una onda de radio; o, finalmente, al sonido en sí mismo tal como alcanza el oído.

Donde se utiliza más de un canal, como en la reproducción biauricular y estereofónica, y se hace referencia al sonido o a la señal, un canal se distingue del otro por las diferencias que presentan en una o varias de las siguientes características: frecuencias (producidas por varias fuentes de sonido) que aparecen en cada señal; nivel sonoro general; amplitudes relativas de las diferentes frecuencias; retardo de tiempo; fase (porción del ciclo que en un instante dado corresponde a la compresión o rarefacción del aire, como se muestra

en la fig. 101); relación entre el sonido reverberado (reflejado en las superficies y objetos del ambiente) y el sonido directo.

Sonido monofónico.

Hasta el advenimiento del estéreo, la alta fidelidad estaba generalmente asociada con una sola cadena —o canal— de elementos

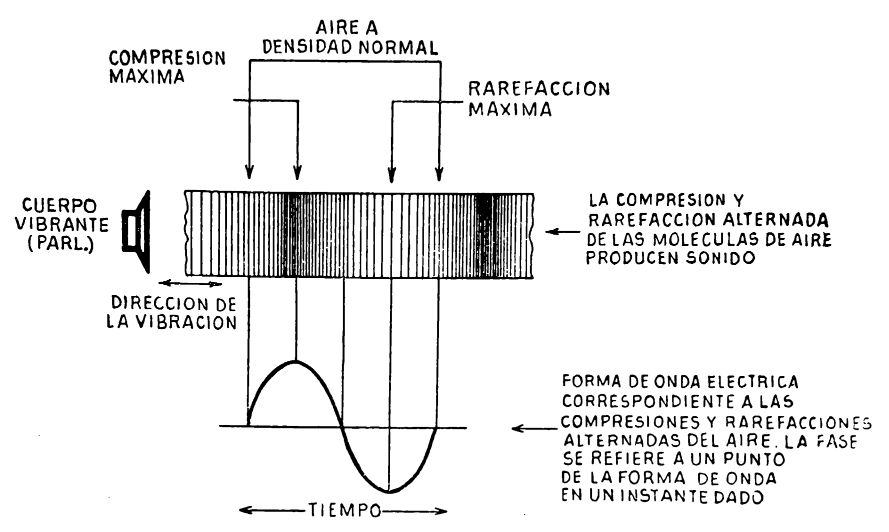


Fig. 101. *Fase de una onda sonora*

(fig. 102) consistente de: una fuente de programa que podía ser una estación de radio o TV, un disco fonográfico o una cinta grabada; una fuente de señal, representada por un sintonizador (incluyendo el sonido de TV), un fonógrafo o un mecanismo reproductor

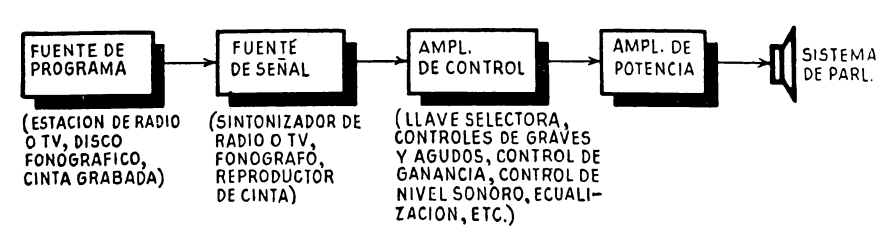


Fig. 102. *Elementos básicos de un sistema monofónico.*

de cinta; un amplificador de control, conteniendo controles de ganancia, altos, bajos, selección, etc.; un amplificador de potencia y un sistema de parlantes.

Estrictamente hablando, el término monoauricular significa relativo a un oído y la aplicación del mismo al sonido de un sólo canal

está reñido con la semántica, de modo que se ha introducido la palabra *monofónico* para representar la reproducción de audio por medio de una señal y un grupo de componentes. Resulta un término más preciso y en consecuencia será usado en lugar de la palabra monoauricular.

Reproducción biauricular.

La primera forma de sonido no monofónico creada para aplicación hogareña es el biauricular: un sistema de dos canales para ser usado con teléfonos. El sonido biauricular fué presentado al público a principios de 1950 y estaba previsto para utilizarse con reproductores de cinta.

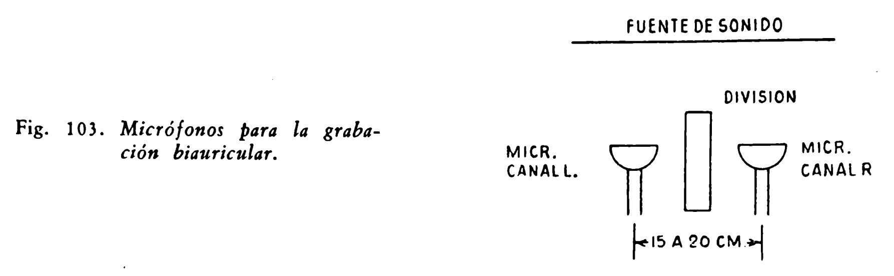


Fig. 103. *Micrófonos para la grabación biauricular.*

Durante la grabación, se colocan dos micrófonos separados de 15 a 20 centímetros — aproximadamente la misma distancia que existe entre los oídos humanos y se intercala un bloque o división para simular la obstrucción causada por la cabeza (fig. 103). La intención es captar el sonido tal como se escucharía en una ejecución viva.

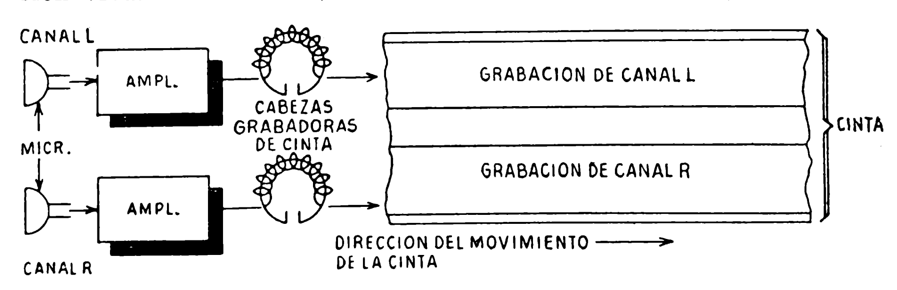


Fig. 104. *Grabación de cinta en dos canales (biauricular o estereofónica).*

El sonido que alcanza cada micrófono se transforma en una señal eléctrica que se graba sobre una mitad determinada de una cinta magnética (fig. 104). La señal producida por el micrófono izquierdo se inyecta a la cabeza grabadora que corresponde a la mitad superior de la cinta mientras que la del micrófono derecho,

se lleva a la cabeza que graba sobre la mitad inferior, suponiendo que la cinta se mueve de izquierda a derecha.

Al reproducir la cinta, cada banda es registrada por una cabeza separada; la señal de una de las cabezas reproductoras se conduce a un amplificador (que suministra la ecualización correcta) y desde allí al auricular izquierdo. La señal de la otra cabeza se conduce a un amplificador separado desde donde pasa al auricular derecho (fig. 105).

La señal y el equipo que corresponden al oído izquierdo se designan generalmente como canal 1 ó A o L y los que corresponden al oído derecho, como canal 2 ó B o R. Usaremos los términos canal L y

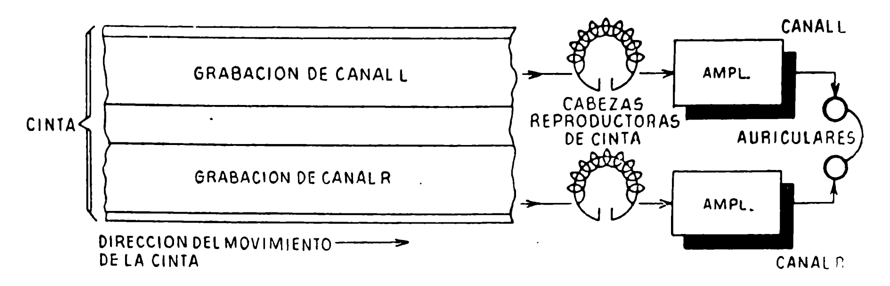


Fig. 105. *Reproducción biauricular por medio de cinta.*

canal R debido a que no dejan duda acerca de si se hace referencia al micrófono, parlante o equipo asociado de la izquierda o de la derecha [1].

Los resultados obtenidos con el método biauricular han sido proclamados como asombrosamente realísticos; sin embargo, el sistema no ha logrado amplia aceptación en razón de la incomodidad e inconveniencia de los auriculares; éstos encadenan literalmente al oyente limitando sus movimientos. Por cierto que algunas personas aceptan las limitaciones a cambio del realismo y la sensación de amplitud que proporciona la audición biauricular pero la mayoría de los amantes de la música consideran demasiado elevado el precio a pagar por una audición más placentera. Además, la respuesta de frecuencia no es tan buena con los auriculares como con los parlantes, particularmente en el extremo de bajas frecuencias, y por otra parte, los auriculares de buena calidad son costosos. En consecuencia, la reproducción biauricular a pesar de sus efectos sorprendentemente realísticos, rara vez se utiliza para aplicaciones de alta fidelidad

[1] *N. del T.*: Las letras L y R son las iniciales de las palabras inglesas "left" y "right" que significan respectivamente izquierdo y derecho, lo que justifica la expresión del autor. No habiéndose adoptado ningún símbolo adecuado a la lengua española utilizaremos para los dos canales las mismas designaciones del original en inglés.

aunque debe observarse, como acotación al margen, que la técnica biauricular, en virtud de su habilidad para reproducir el sonido con toda fidelidad, ha encontrado numerosas aplicaciones industriales como instrumento para la grabación y el análisis de los sonidos.

Reproducción estereofónica.

En esencia, el sonido estereofónico se identifica con la disposición mostrada en la fig. 106, con dos canales de sonido, mostrando cada uno de ellos características que difieren parcialmente de las

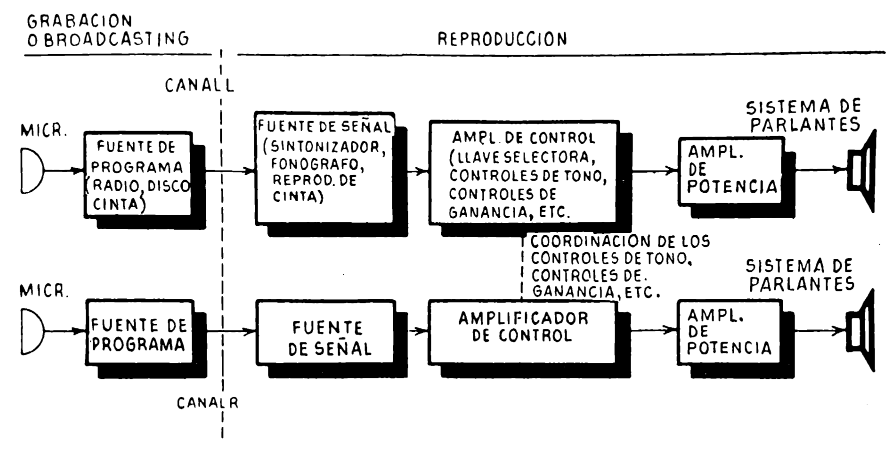


Fig. 106. *Elemntos básicos de un sistema estereofónico.*

del otro. Como puede verse, hay dos micrófonos que debido a sus ubicaciones, orientaciones y diagramas de captación, producen señales eléctricas diferentes que se graban por separado sobre una cinta o disco o bien se trasmiten a través del espacio. Por lo general, aunque no siempre, la distancia entre los micrófonos es relativamente grande en lugar de algunos centímetros como en el sistema biauricular. En la reproducción hogareña, las dos señales se inyectan a un par de amplificadores cada uno de los cuales va conectado a un sistema de parlantes.

La ubicación de los micrófonos y parlantes y la forma en que funcionan los dos amplificadores, están estrechamente relacionadas con la magnitud en que la calidad del sonido supera al de la ejecución monofónica. Esto significa que debemos diferenciar entre el estéreo como una técnica y el estéreo como un efecto. La técnica está relacionada con la forma en que se utiliza el equipo; el efecto se refiere a si se ha logrado mayor realismo o alguna otra cualidad que proporcione nueva satisfacción.

El sistema esquematizado en la figura 106 corresponde al método de los dos canales que ha llegado a ser sinónimo del término estéreo. En realidad, el estéreo abarca una variedad de sistemas que emplean más de un canal;; no obstante, cuando no indiquemos específicamente el número de canales se entenderá que nos estamos refiriendo al sistema que hace uso de dos.

En lo que atañe a la reproducción en el hogar, el estéreo de dos canales es el más práctico y popular de los sistemas multi-canal.

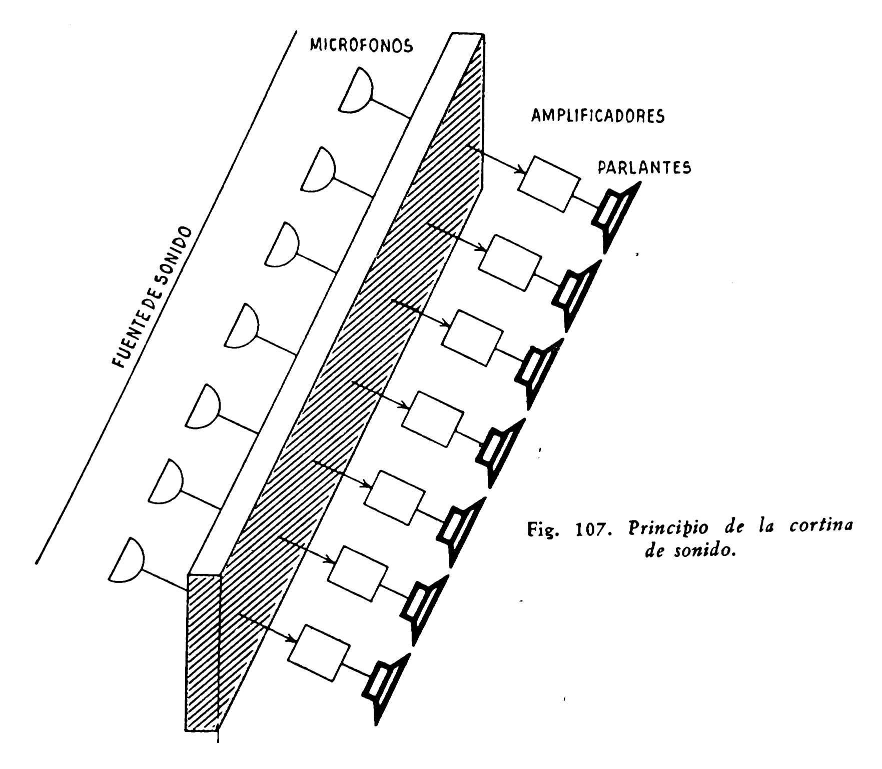


Fig. 107. *Principio de la cortina de sonido.*

Por otra parte, es importante reconocer que hay en uso sistemas de estéreo con más de dos canales, tal como los de cinematógrafos, y que estas formas suministran patrones para las realizaciones que el estéreo de dos canales trata de emular. Las experiencias iniciales mostraron que puede lograrse una sensación muy definida de direccionalidad y amplitud mediante el empleo de un número sustancial de micrófonos dispuestos en una línea paralela con la fuente de sonido y alimentando cada uno de ellos una combinación de amplificador y parlante (fig. 107), a lo que se hace referencia como principio de la *cortina de sonido.* Se supone que cada micrófono

capta el sonido dentro de un área estrecha por delante del mismo y que el parlante conectado a él (a través del amplificador de potencia) dispersa el sonido con un diagrama de radiación similar al de captación del micrófono. En esta forma, si un micrófono capta sonido dentro de un ángulo de 45° el parlante deberá, del mismo modo, dispersarlo dentro de un ángulo de 45°, como se muestra en la fig. 108. De esta manera, una hilera de cadenas micrófono-amplificador-parlante reproduce todo el sonido de izquierda a derecha.

El principio de la cortina de sonido tiene limitaciones definidas; una de ellas es la dificultad para encontrar micrófonos y parlantes que tengan iguales diagramas de captación y de radiación; otra es que los micrófonos captan los sonidos reflejados del mismo modo

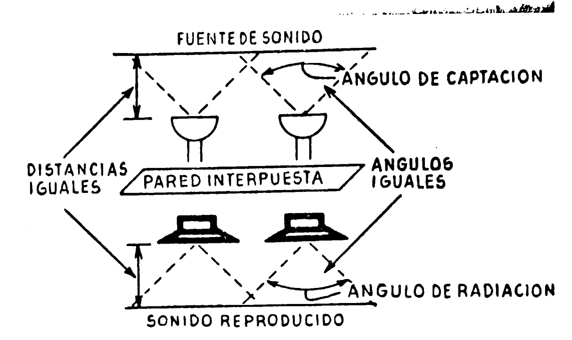


Fig. 108. *Dependencia del principio de la cortina de sonido con la correspondencia entre el diagrama de captación de los micrófonos y el diagrama de radiación de los parlantes.*

que los directos. No obstante, se ha determinado que un número sustancial de pares micrófono-parlante, digamos seis dan muy buenos resultados en lo que respecta a la direccionalidad.

El uso de seis o aún más canales no es un obstáculo demasiado serio para el laboratorio o el cinematógrafo, pero está fuera de las posibilidades para las aplicaciones del hogar. Experiencias posteriores demostraron que se pierde muy poco en direccionalidad si el número de canales se reduce a tres.

Sin embargo, al reducir los canales de tres a dos, la sensación de direccionalidad disminuye abruptamente. Aunque el sonido con dos canales se considera preferible al monofónico, es inferior al de los sistemas que emplean tres o más, y puesto que dos canales representan en la práctica el máximo aceptable para el uso extensivo, por lo menos en el estado actual de la tecnología, la mayor parte de las investigaciones se han dirigido a obtener del sonido producido por este sistema resultados tan buenos como los que se logran con el estéreo de tres canales.

Hay suficiente evidencia de que con tipos apropiados de micrófonos y adecuada ubicación de los mismos así como también con

disposiciones correctas de los parlantes, el estéreo de dos canales se asemeja sensiblemente al de tres.

Así, un informe sobre experimentos con estéreo relativos a una orquesta sinfónica, expresaba lo siguiente:

> "No cabe duda que el sistema de tres canales permite una reproducción mucho más semejante al original vivo que la transmisión con dos canales. Sin embargo, resulta interesante consignar que las cintas de tres canales, luego de un análisis en un auditorium muy reducido de características acústicas casi ideales, mostraron ventajas insignificantes sobre las cintas de dos canales." [2]

Efecto de "hueco en el centro".

Uno de los principales factores que explican la diferencia entre el estéreo de dos canales y el de tres, es el "hueco en el centro" que se refiere a la sensación de insuficiencia o total ausencia de sonido en el espacio comprendido entre los parlantes izquierdo y derecho. Cuanto más grande es el ambiente, tanto mayor es la distancia entre los altavoces izquierdo y derecho y por lo tanto resulta más pronunciado el hueco en el centro para un oyente situado a no mucha distancia de éstos. En el caso de una composición orquestal, el sonido podría causar la impresión de que las mitades izquierda y derecha de la orquesta se hubieran separado distanciándose algo una de otra.

El efecto puede atribuirse a un excesivo espaciado entre los micrófonos durante la sesión de grabación, a la distancia entre los parlantes (*tomando en cuenta la ubicación del oyente*) o a una combinación de ambas circunstancias. El sonido de dos canales se aproxima más estrechamente a la calidad del de tres en ambientes reducidos y una de las razones es que la distancia entre los altavoces tiende a ser menor en tales ambientes.

El uso de un micrófono en el centro durante la grabación, puede ayudar a atenuar el efecto de hueco en el centro. En las tres próximas secciones se discuten los medios por los cuales el oyente puede superar este defecto.

Canal fantasma.

Una solución para el problema del hueco en el centro, tal como fué propuesta por Paul Klipsch [3], consiste en reconstruir un canal

---

[2] WALTER T. SELSTED y ROSS H. SNYDER, "Acoustical and Electrical Considerations in Symphony Orchestra Reproductión", *Audio*, enero 1957.

[3] PAUL W. KLIPSCH, "Two-Track, Three-Channel Stereo", *Audiocraft*, noviembre 1957.

central durante la reproducción inyectando el sonido de los canales izquierdo y derecho en un parlante intermedio, como se muestra en la fig. 109. La señal del canal L y la del canal R se introducen en un dispositivo mezclador que combina ambas señales y las conduce a un tercer amplificador el que a su vez excita el parlante central. Se obtienen los mejores resultados cuando los niveles de los

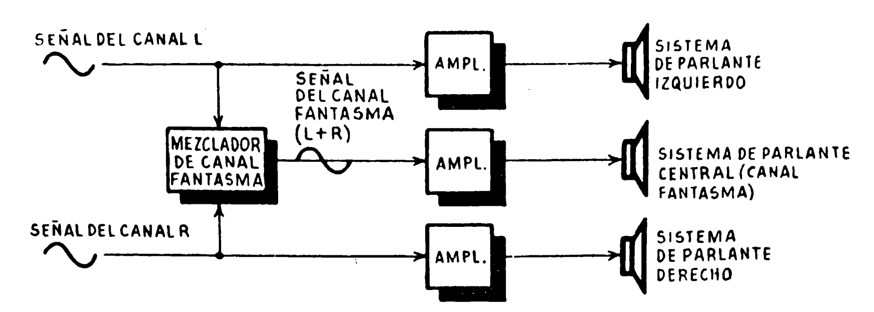


Fig. 109. *Uso de un canal fantasma.*

parlantes L y R se fijan en un valor inferior en 3 dB (mitad de potencia) al del parlante central, supuesto que los tres canales se alimentan con el mismo nivel de señal; de este modo, la potencia combinada de los parlantes L y R iguala a la del tercer parlante. En la figura 110 se muestra el circuito mezclador sugerido por Klipsch.

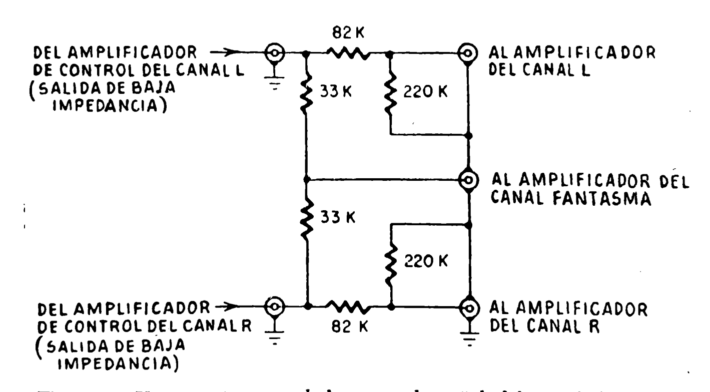


Fig. 110. *Un circuito mezclador para la señal del canal fantasma.*

A pesar de esto, el audiófilo interesado en experimentar sobre el sistema del canal fantasma, podría muy bien hacer la prueba de levantar gradualmente el volumen del parlante central, después de un primer balanceo de los parlantes L y R para igualar sus niveles, hasta que sus oídos den cuenta de que el hueco en el centro, si lo hay, ha sido llenado adecuadamente.

Altavoz ficticio.

Este expediente para llenar el hueco en el centro se ha utilizado con éxito y ofrece una prueba concluyente de lo importante que resulta la sugestión en la reproducción de audio. El altavoz ficticio está formado por un gabinete que aparentemente contiene un parlante (si en realidad lo tiene o no carece de importancia), pero que no lleva ninguna conexión (fig. 111). Se sitúa entre los parlantes izquierdo y derecho y debido a que los ojos ven un altavoz en el centro, inducen a los oídos a persuadirse de que desde esa región surgen sonidos.

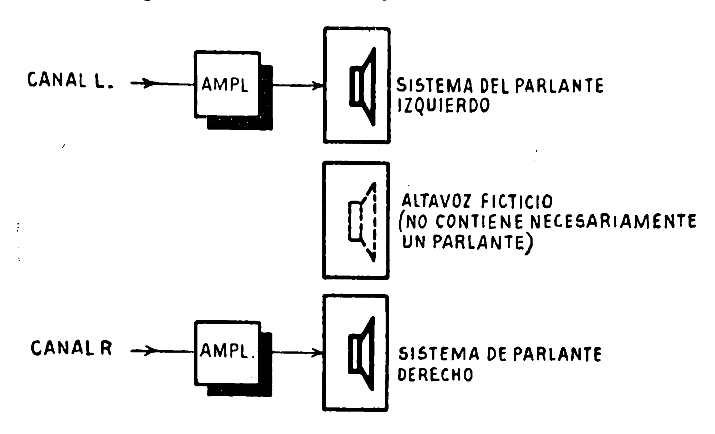


Fig. 111. *Uso de un sistema con altavoz ficticio.*

Si resulta difícil creer que los ojos puedan engañar a los oídos de esa manera, recuérdese que los efectos visuales-auditivos se utilizan constantemente en las películas al aire libre. La pantalla está a muchos metros por delante del espectador mientras que el pequeño parlante está ubicado a unos centímetros a su izquierda o a su derecha. Al cabo de algunos momentos, aquél no tendrá conciencia de la separación entre la visión y el sonido; más aún, podría estar observando una orquesta o una banda sobre la pantalla y sentirse convencido de escucharla con fidelidad a pesar de que la fuente de sonido es un parlante pequeño y a menudo con timbre metálico. Si cierra los ojos unos instantes, se impondrá nuevamente de la naturaleza, ubicación e imperfecciones de la fuente de sonido.

Ocultación de los parlantes.

Debido a la correlación que existe entre lo que vemos y lo que oímos, el efecto de hueco en el centro puede ser parcialmente atribuído al hecho de que tenemos ante nuestra vista dos parlantes

separados por una distancia significativa. El efecto puede eliminarse disponiendo los parlantes detrás de una cortina suficientemente transparente al sonido como para no atenuar las altas frecuencias, pero capaz de ocultarlos a la vista. En este sentido, la iluminación del ambiente juega un papel importante.

Cuasi-estéreo.

Se han llevado a cabo numerosos esfuerzos, más o menos exitosos, para lograr algunos de los beneficios del sonido estereofónico utilizando como fuente sonora una sola señal en lugar de varias. El sonido estereofónico posee otros atributos además de la direccionalidad, tal como la cualidad de extensión o amplitud. Estas características pueden reproducirse sin el esfuerzo y la erogación que involucra el uso de dos canales para la grabación, reproducción y transmisión. En efecto, se han intentado algunos métodos para impartir direccionalidad al sonido, distribuyendo diferentes porciones del espectro de audio en distintos parlantes o bien introduciendo diferencias en el tiempo insumido por el sonido para llegar a cada altavoz.

Para designar estas técnicas se ha utilizado a menudo el término seudo-estéreo, pero éste representa una connotación algo despreciativa por lo que parece preferible referir estos métodos como cuasi-estéreo.

Para algunos, el cuasi-estéreo puede considerarse un escalón hacia el verdadero estéreo; para otros, puede ser la demostración de que no hay nada como el estéreo y para unos más, puede constituir una meta completamente satisfactoria.

Parlantes múltiples.

Probablemente, la más simple de las técnicas de cuasi-estéreo es la que recurre a conectar dos o más sistemas de parlantes al amplificador de potencia y separarlos alguna distancia entre sí (fig. 112). Si la música fué ejecutada originalmente por un grupo que ocupe una extensión importante, tal como una orquesta o un coro, puede lograrse un mayor realismo y un incremento en el placer de la audición disponiendo una fuente de sonido amplia, en contraste con la distribución estrecha ofrecida por un sistema de un sólo parlante.

Por otra parte, puede haber dificultades en la reproducción de una sola voz o instrumento, especialmente cuando se emplean sistemas de dos parlantes únicamente. Aunque en teoría, el sonido debería aparecer como proviniendo desde un punto comprendido entre los dos altavoces, en realidad, el oyente puede tener plena conciencia

de que está llegando desde dos puntos del ambiente y naturalmente, sentirse incómodo por esta circunstancia. El auténtico estéreo disminuye al mínimo este efecto asignando el solo vocal o instrumental, por entero o en su mayor parte, a uno de los canales. En cambio, si se emplean tres parlantes para el cuasi-estéreo, y particularmente si se excita con el nivel más alto al del centro, la ilusión de la posición central del solista se verá fortalecida.

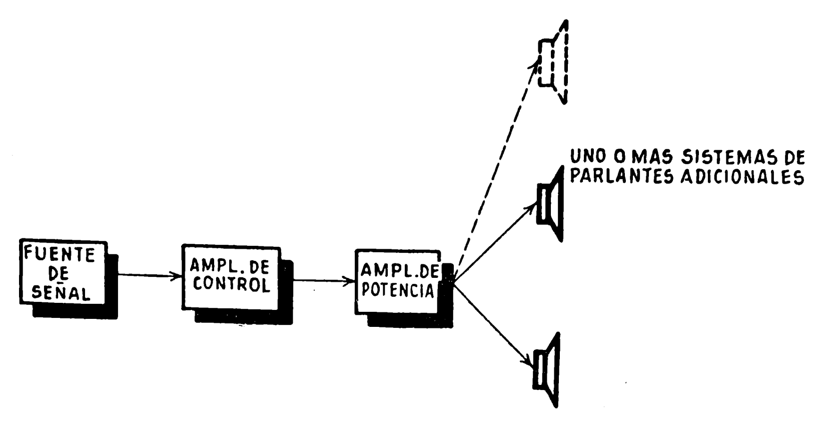


Fig. 112. *Cuasi-estéreo basado en el uso del sistema de parlantes múltiples.*

Algunas autoridades consideran que se obtienen resultados más satisfactorios con el sistema de parlantes múltiples cuando éstos poseen características diferentes. Ninguno de los sistemas de parlantes desarrollados hasta el presente son perfectamente uniformes; si se mantienen dentro de ± 4 dB (variaciones de sonoridad del 150 %) entre 40 y 15.00 ciclos, pueden considerarse excelentes. Cada sistema de parlantes tiene picos en los cuales ciertas frecuencias resultan reforzadas, y valles, en los que otras frecuencias son atenuadas; estos picos y valles, en especial los primeros, determinan en gran parte la característica que identifica la calidad de un sistema de parlantes. En cuanto debemos tratar con parlantes imperfectos, algunos piensan que el solo hecho de utilizar dos diferentes resultará en un énfasis de los distintos instrumentos por cada altavoz, lo que puede ayudar a impartir una sensación de separación de estos últimos, tal como aparece asociada con el verdadero estéreo. Por otro lado, dado que la mayoría de los instrumentos tienen un rango más bien amplio de frecuencias, un instrumento dado puede presentarse como modificando su ubicación de uno a otro lado del ambiente a medida que ejecuta distintas partes de la escala.

Otro argumento, y quizás el más convincente, en favor del uso de parlantes disimilares para el cuasi-estéreo, es que cada uno de ellos

provee una impresión diferente del sonido total de suerte que los oídos reciben versiones de una misma cosa que se combinan en el cerebro para producir un efecto más lleno y más sonoro que si ambos parlantes generaran la misma forma de onda acústica.

Retardo acústico.

Por lo menos uno de los dispositivos que se encuentran en el mercado, y que aparece bajo el nombre de Xophonic, busca imitar la amplitud del sonido estereofónico introduciendo algo análogo a un eco, pero con un retardo de tiempo entre el sonido original y el subsiguiente, más reducido que en el caso del verdadero eco. Participa más bien de la naturaleza de la reverberación, excepto por el hecho de que el sonido original es seguido por una sola repetición en lugar de una serie de las mismas.

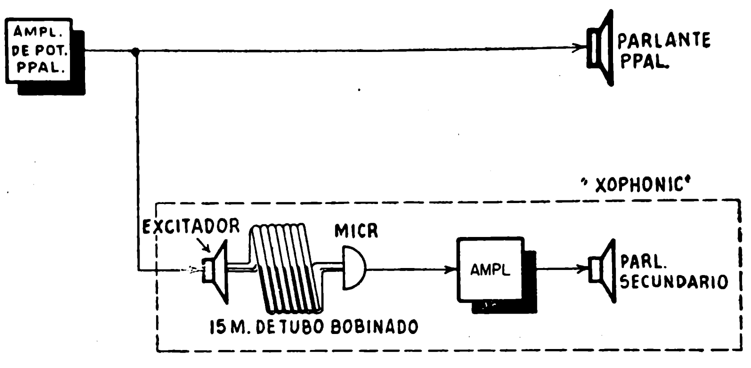


Fig. 113. *Sistema de cuasi-estéreo que emplea la unidad Xophonic.*

La figura 113 muestra cómo funciona el dispositivo Xophonic. La señal que procede del amplificador de potencia principal se lleva a un excitador constituído por un pequeño parlante; el sonido producido se conduce por un tubo arrollado en forma de bobina y acoplado herméticamente al parlante. El tubo bobinado tiene una longitud total de alrededor de 15 metros y puesto que el sonido se propaga a algo más de 300 metros por segundo insumirá aproximadamente un vigésimo de segundo para emerger por el otro extremo del tubo; en este punto hace actuar un micrófono herméticamente acoplado a aquél. La señal eléctrica resultante del micrófono se conduce a un segundo amplificador de potencia y a un parlante, ambos contenidos en la unidad Xophonic. El segundo altavoz reproduce la señal original con un retardo cercano a un vigésimo de segundo.

El rango de frecuencia del Xophonic es bastante limitado, aproximadamente 200 a 3.000 ciclos pero en cambio, se lo ha destinado

a funcionar con un nivel sensiblemente inferior al del parlante principal, de modo que su rango limitado no colorea el sonido en conjunto. El nivel del parlante secundario se fija aumentando la ganancia del amplificador Xophonic hasta que el sonido reverberado empieza a notarse; se sostiene que la ubicación del parlante Xophonic con respecto al principal no es crítica.

La eficacia de un dispositivo de retardo de tiempo depende de la magnitud asumida por la reverberación ya presente en la fuente de programa y en el ambiente en que se verifica la audición. Si el material de programa contiene reverberación sustancial (debida bien a las características del lugar en que se efectuó la ejecución original, bien a la reverberación eléctrica o acústicamente introducida con posterioridad por los ingenieros del estudio de grabación) cualquier efecto adicional puede aparecer más molesto que grato. La reverberación agregada puede resultar también indeseable si el lugar de la audición es vivo y la produce por sí mismo. Si el material de programa tiene calidad de "seco" y el ambiente posee elementos blandos tales como cortinados, alfombras gruesas y moblaje tapizado (que tiende a absorber el sonido), la reverberación añadida puede aumentar apreciablemente el deleite del oyente.

La que sigue es una descripición de las pruebas efectuadas por un fabricante para comparar un sistema de estéreo con el dispositivo Xophonic:

> "Una ... comparación tipo A-B, entre un sistema que provee efecto de posición y el sistema Xophonic, fué llevada a cabo en nuestros laboratorios de sonido. En la posición A de la llave de comparación, se utilizó una grabación de dos canales como fuente de material los que fueron reproducidos por parlantes adaptados, a través de amplificadores idénticos. La ubicación de los parlantes se eligió cuidadosamente para lograr la mejor sensación de la distribución orquestal. En la posición B de la llave, los dos canales originales se mezclaban para dar la fuente normal monofónica. Esta última se reproducía en uno de los parlantes y también por intermedio del Xophonic. De este modo, se efectuó una comprobación inmediata tipo A-B entre el sistema de dos canales y el sonido del Xophonic.
>
> El resultado de la comparación fué el siguiente: ... 94 % de los oyentes fueron capaces de diferenciar entre el efecto de posición y el efecto de reverberación asociado con la reproducción del Xophonic. Pero lo que resultó extraordinario fué que ... el 65 % del auditorio prefirió el efecto de reverberación al efecto de posición del sistema de dos canales." [4]

---

[4] "A Reverberation Unit for Hi-Fi Reproduction", *Radio* & *TV News*, junio 1957.

División de frecuencias.

Tenemos aquí una técnica de cuasi-estéreo que recurre a alimentar preponderadamente con las altas frecuencias a uno de los parlantes y con las bajas al otro. Una red especial que sigue al amplificador de potencia atenúa, para el parlante izquierdo, las bajas frecuencias y enfatiza las altas, mientras que para el parlante derecho corta las altas

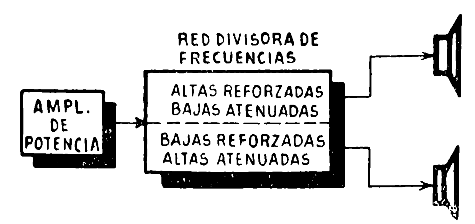


Fig. 114. *Cuasi-estéreo basado en la división de frecuencias.*

frecuencias y refuerza las bajas. Una materialización comercial de esta técnica es el Sistema Sonoro XD de la CBS.

A continuación se transcribe el informe de un fabricante sobre pruebas de comparación entre tres grupos de condiciones que implicaban el uso de cintas con dos bandas de sonido estereofónico y tres parlantes, uno en el centro de una pared de la sala y los otros en las esquinas pertenecientes a la misma pared:

"*Condición 1.* Las dos bandas correspondientes a los micrófonos izquierdo y derecho se combinaron eléctricamente y se condujeron directamente al parlante central. Esto equivalía a la reproducción convencional con sonido de un solo parlante.

"*Condición 2.* La banda sonora izquierda alimentaba al parlante ubicado en la esquina izquierda y la banda derecha al parlante de la esquina derecha. Este sistema corresponde a la verdadera reproducción estereofónica.

"*Condición 3.* Las dos bandas se combinaron eléctricamente una vez más, como en la condición 1, pero antes de que la señal resultante alcanzara el parlante izquierdo, se la hizo pasar a través de un circuito ecualizador que atenuaba las bajas frecuencias y enfatizaba las altas. El parlante derecho también recibió la señal combinada pero a través de un ecualizador que atenuaba las altas frecuencias y reforzaba las bajas.

Para estas pruebas se invitó a un número de oyentes sin informarles cuáles eran las condiciones. Se les solicitó que expresaran sus preferencias con respecto a la reproducción del sonido, escogiendo una entre las tres condiciones. El resultado del estudio fué asombroso, pero en algunos aspectos no del todo inesperado. En tanto que ni uno solo de los oyentes (entre un total de 50) prefirió la con-

dición 1 —esto es, el parlante simple convencional— las preferencias se dividieron casi por igual entre las condiciones 2 y 3. Evidentemente, el sonido estereofónico simulado parecía dar tanta satisfacción como el verdadero; en realidad, cuando el público comenzó a moverse alrededor de la sala, la mayor parte prefirió la versión estereofónica simulada (condición 3) debido a que parecía dar resultados satisfactorios sobre un área menos restringida que con el sonido estereofónico real.

En una variante de estas pruebas, se consultó a una cantidad de personas que estaban bien informadas tanto musical como técnicamente del estado actual de desarrollo de la estereofonía. Estos oyentes estaban enterados de lo que correspondía a cada una de las condiciones y se les solicitó que determinaran cuál de los números 2 y 3 representaba la verdadera versión estereofónica. La mitad de ellos acertaron y la otra mitad opinaron equivocadamente demostrando una vez más, que el sistema estereofónico auténtico puede ser simulado con éxito a partir de una sola fuente de programa." [5]

Estéreo codificado.

El estéreo codificado se conoce como Sonido Perspecta en una de sus formas comerciales y se asemeja mucho al verdadero estéreo en lo que respecta a direccionalidad. Como puede verse en la figura 115, se utilizan por lo general tres o más parlantes, cada uno de ellos excitado por su propio amplificador de potencia. Los amplificadores reciben la misma señal pero operan a diferentes niveles de volumen según queda determinado por las señales en código —una para cada amplificador— que acompañan a la señal de audio; las señales en código se detectan con una unidad especial. Si bien la figura 115 muestra tres parlantes, puede utilizarse un gran número de ellos.

Las señales de código deben ser inaudibles y mantenerse por lo tanto fuera del rango de audio, ya sea por debajo de los 30 o por sobre de los 20.000 ciclos. Consisten usualmente de frecuencias extremadamente bajas, debido a los problemas técnicos asociados con los tonos ultrasónicos que resultan más difíciles de retener, en medios tales como la cinta o la película, que las notas subaudibles.

Por medio del estéreo codificado, el sonido *total* puede hacerse aparecer como si proviniera desde la izquierda, el centro, la derecha o puntos intermedios. Durante el proceso de grabación, personal especializado aplica las señales de código al medio grabador, tal como cinta o película cinematográfica, variando en esta forma los niveles de volumen de los parlantes para producir el efecto deseado de direccionalidad. Por ejemplo, puede crearse la ilusión de que una banda en

---

[5] PETER C. GOLDMARK, "The Columbia XD (Extra-Dimensional) Sound System", *Audio*, octubre 1953.

marcha va llegando sobre el escenario desde la izquierda, aumentando gradualmente el volumen del correspondiente parlante (por intermedio de las señales de código apropiadas) mientras los otros permanecen en silencio. La banda puede moverse hacia el centro y luego hacia la derecha aumentando sucesivamente los niveles de los respectivos parlantes al tiempo que se disminuyen los de los otros. Finalmente, puede alejarse del escenario por la derecha disminuyendo el nivel del parlante derecho.

El estéreo codificado puede reproducir un partido de tenis de mesa como si se tratara del verdadero estéreo, conmutando alternati-

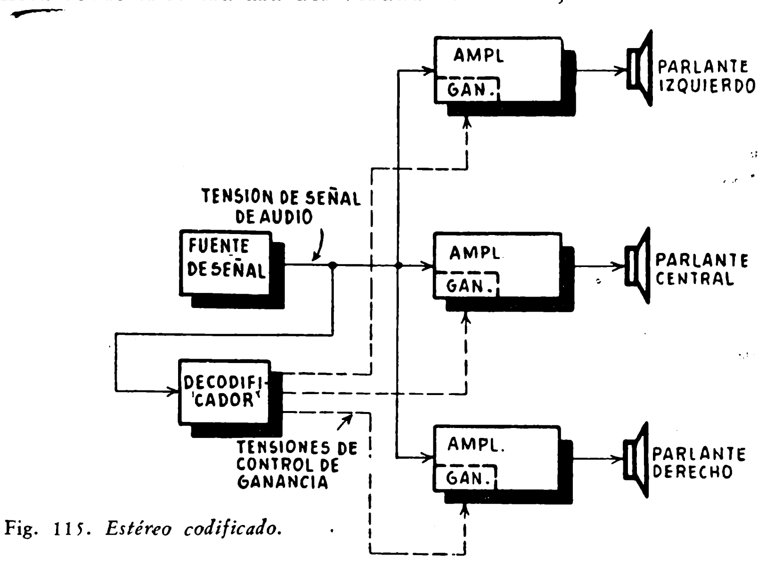


Fig. 115. *Estéreo codificado.*

vamente entre los parlantes izquierdo y derecho con alguna conexión ocasional del parlante central cuando la pelota cae en la red; o también, reduciendo el nivel del parlante del medio, puede crear un efecto tal como el de dos trompetas ejecutando al *unísono* en los extremos opuestos del escenario. Pero no puede reproducir *simultáneamente* el sonido de diferentes instrumentos ubicados en el centro, en la izquierda y en la derecha de forma tal que cada uno de ellos pueda ser identificado como llegando en la dirección apropiada. Empero, utilizando con destreza las señales de código para lograr los desplazamientos adecuados del sonido total, pueden obtenerse efectos imponentes.

Desplazamiento de fase.

Hay en el mercado varios dispositivos que logran un efecto de cuasi-estéreo modificando la fase de la señal monofónica en cualquier

instante dado y enviando la señal desplazada de fase a través de un segundo amplificador y un sistema de parlantes. Así, los oídos reciben dos versiones de la misma señal, que una vez combinadas en el cerebro

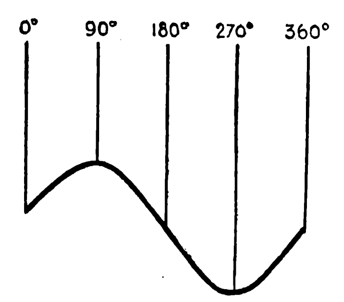


Fig. 116. *Fase de una onda sinusoidal.*

producen una imagen más completa del sonido. Los dispositivos de desplazamiento de fase no operan del mismo modo en todas las frecuencias y en virtud de ello, la relación de fase entre la frecuencia

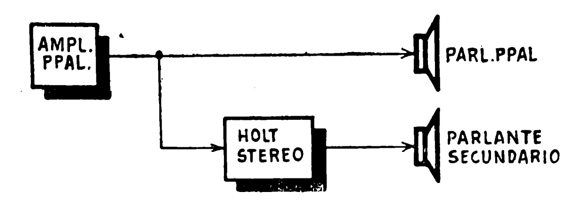


Fig. 117. *Incorporación de la unidad Holt de desplazamiento de fase en un sistema de audio.*

fundamental y sus armónicas resulta alterada por la red modificadora de la fase. Esto produce una diferencia de la forma de onda entre los parlantes principal y secundario, aumentando por lo tanto la discrepancia entre los sonidos de ambos.

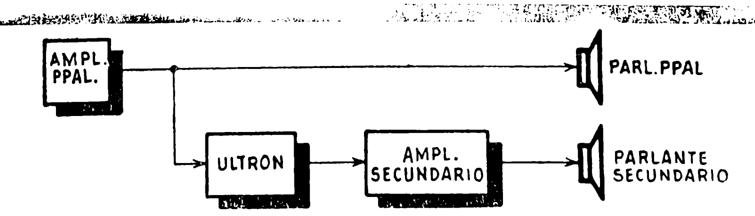


Fig. 118. *Incorporación de la unidad Ultron de desplazamiento de fase en un sistema de audio.*

Si el dispositivo permite suficiente desplazamiento de fase retardando todas o algunas de las frecuencias en una parte sustancial del ciclo o en varios ciclos, habrá entonces suficiente diferencia en el

tiempo insumido por el sonido para llegar al parlante secundario como para producir un efecto semejante a la reverberación.

Los dispositivos referidos efectúan el desplazamiento de fase por medio de redes eléctricas. Desde el principio al final del ciclo (fig. 116) hay 360°; la fase puede ser modificada en diferentes porciones de 360°. Por ejemplo, si la fase se desplaza 180° o sea medio ciclo, esto puede hacer que corresponda la porción de rarefacción de una onda sonora en lugar de un punto de compresión (fig. 101 en la pág. 12). Si la fase se retarda los 360° completos, retornamos entonces al punto inicial del ciclo, pero la señal se ha retrasado en el tiempo por un ciclo completo. Si se trata de una frecuencia baja, digamos 100 ciclos (longitud de onda aproximada 3,4 metros), y se atrasa un ciclo completo, la porción inicial de la señal desplazada de fase abandona el parlante secundario alrededor de 11 milisegundos más tarde. El oído puede apreciar esta clase de diferencias.

Una de las versiones comerciales de las unidades basadas en el desplazamiento de fase, el Holt Stereo, incluye no solamente una red

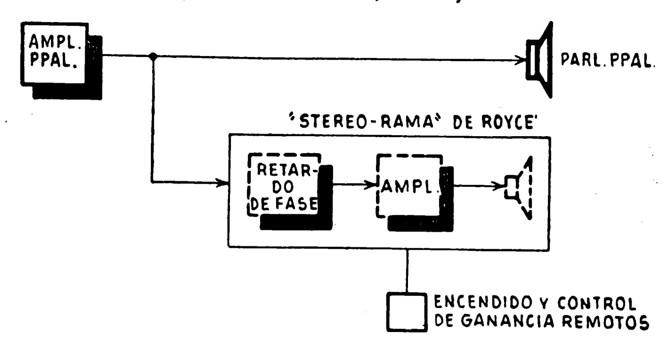


Fig. 119. *Incorporación del "Stereo-Rama" de Royce en un sistema de audio.*

de retardo de fase, sino también un amplificador completo con controles de ganacia, bajos y altos. La figura 117 muestra como se lo incorpora en un sistema de audio convencional.

De acuerdo con el fabricante, la unidad:

> "Suministra electrónicamente un atraso de tiempo mediante un retardo de fase relativamente grande sobre el espectro de audio. El retardo de tiempo es diferente para las diferentes frecuencias . .. el retardo es menor para las frecuencias más altas. Se utiliza un retardo del mismo orden del que sirve en la audición normal para determinar la posición; el oído no detecta menos de 1/15.000 de segundo y el límite superior de lo necesario es de algo más de 1/400 de segundo. En razón de la distancia que separa los oídos, éste es el máximo utilizado en la audición normal para localizar la posición de lo que estamos escuchando."

Un dispositivo algo semejante es el Ultron; no se trata de un amplificador completo sino que contiene solamente una red de retardo de fase destinada a incorporarse en el sistema de audio, como se muestra en la figura 118.

En cambio, el Stereo-Rama producido por Royce, es un equipo completo para desplazamiento de fase que incluye la red de retardo de fase, el amplificador y el parlante todo en un gabinete. La figura 119 muestra como puede conectarse a un sistema originalmente monofónico. El Stereo-Rama se asemeja mucho al Xophonic, precedentemente descrito, porque ambos contienen todo el equipo requerido para la conversión al cuasi-estéreo; no obstante, el Xophonic modifica la señal por medios acústicos en tanto que el Stereo-Rama lo hace electrónicamente.

capítulo

2

el efecto estereofónico

ANTES de estudiar el mecanismo de la grabación, transmisión y reproducción estereofónica, debemos interiorizarnos con el tema de referencia preguntándonos qué es lo que estamos tratando de lograr. ¿Qué clase de sonido intentamos producir? ¿Qué efectos e ilusiones vamos a crear?

El hecho de que el oyente es un participante activo en el proceso resulta mucho más cierto en el caso del estéreo. No basta con dejar que los ingenieros en grabación y radiofonía se interesen en la teoría y las técnicas de captar el sonido al estilo estereofónico. Aunque el sonido haya sido grabado exitosamente en una cinta o en un disco, o se esté transmitiendo con toda exactitud por medio de una emisora, ha de ser reproducido en forma tal que se logren los efectos buscados. La mera posesión de un equipo de estéreo no garantiza un sonido agradable; las posibilidades de obtener resultados satisfactorios se ven aumentadas en la medida en que el oyente esté compenetrado de las características del estéreo.

Muchas personas tienden a identificar el término estereofonía con la direccionalidad —la capacidad de determinar si la fuente de sonido o sus componentes individuales están a la derecha, a la izquierda o en frente del que escucha—. Si bien esta propiedad puede constituir un atributo importante del estéreo, es un error asociar a éste exclusivamente con aquélla.

El término *estereofónico* deriva del griego y significa sonido sólido o lleno. La noción de ocupación o solidez va más allá de la direccionalidad para incluir una cantidad de factores adicionales; algunos de ellos ya nos son familiares en cuanto se identifican con las características de una buena reproducción monofónica; tales son: un amplio rango de frecuencias, baja distorsión y alta relación señal-ruido. El estéreo busca ir más lejos, realzando la ilusión de realidad mediante la inclusión de cualidades adicionales asociadas con la ejecución original. Al mismo tiempo, una descripción completa del efecto estereofónico debe incluir no solamente las diferencias entre la estereofonía y la monofonía sino también, lo que ellas tienen en común. Dejar

de lado la necesidad de una respuesta de frecuencias extensa, baja distorsión, etc., significaría una injusticia contra la técnica de la reproducción de audio.

Direccionalidad.

Una gran parte de los estudios teóricos y experimentales se han encaminado a descubrir los factores que permiten a la mente situar un objeto productor de sonido a una cierta distancia del oyente y en un ángulo dado con respecto al mismo. En tanto que un gran número

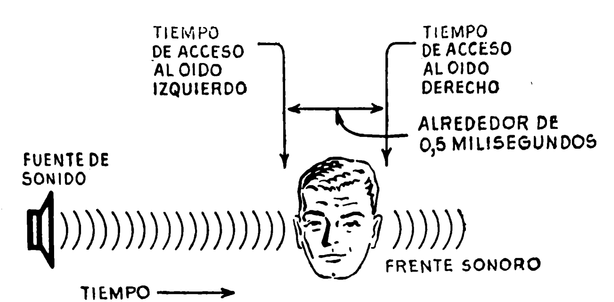


Fig. 201. *Diferencia en el tiempo de acceso a cada oído de un sonido producido por una fuente situada a la izquierda de la cabeza.*

de autoridades han indicado los mismos factores, existe una considerable discrepancia en lo que se refiere a su importancia relativa. Así, alguno atribuye la localización espacial exclusivamente a un factor y sostiene que los otros sirven meramente para confirmar lo que el cerebro ya sabe. Es completamente factible que la importancia relativa de cada factor difiera de acuerdo con el oyente, su ubicación, el tipo de sonido y circunstancias similares y existen indicios de que un factor puede ser sustituído por otro.

Los entendidos atribuyen principalmente la direccionalidad a las diferencias en: 1) tiempo de acceso del sonido a cada oído; 2) intensidad en cada oído; 3) fase en cada oído; 4) forma de onda en cada oído, y 5) relación entre el sonido directo y el reverberado en cada oído.

Diferencia en el tiempo de acceso.

El sonido se propaga a razón de 345 metros por segundo al nivel del mar. Un sonido que llegue desde la izquierda del oyente alcanzará el oído izquierdo antes que el derecho y puesto que la distancia entre los oídos es de 15 a 20 centímetros, habrá una diferencia de aproximadamente 0,5 milisegundos en el tiempo de acceso (fig. 201). Aparentemente, la mente humana puede reconocer esta diferencia de modo a orientarse hacia la fuente de sonido.

No obstante, si el sonido es una onda sinusoidal pura, (fig. 202)

y continúa durante un intervalo de tiempo ¿cómo hará la mente para distinguir entre los tiempos de acceso? La respuesta es que no puede hacerlo. Se han llevado a cabo experimentos en los cuales se inquiría a los participantes sobre la orientación de una fuente sonora que producía un tono puro permanente; la falta de exactitud fué suficiente para demostrar que tales fuentes no permiten fijar la dirección.

Muchas autoridades creen que esta clase de orientación depende

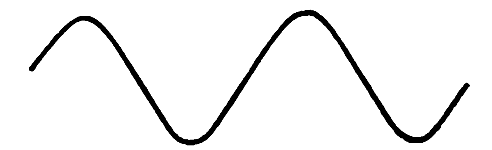


Fig. 202. *Dos ciclos de una onda sinusoidal pura.*

de los transitorios asociados con los sonidos típicos; rara vez se encuentra en la naturaleza un tono puro. Un transitorio es una breve liberación de energía y la mayoría de los sonidos se inician con un pulso de mayor o menor intensidad (fig. 203). El tiempo de acceso se relaciona con el *comienzo* del sonido y una vez que éste se establece

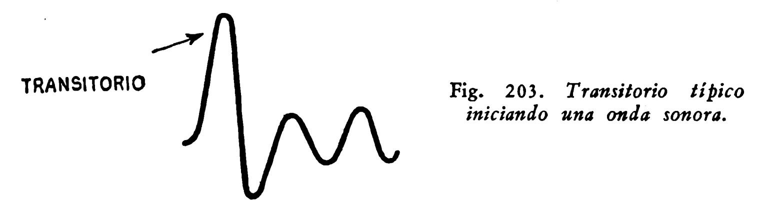


Fig. 203. *Transitorio típico iniciando una onda sonora.*

en un régimen constante, la mente no puede ya localizarlo, excepto por el recuerdo de que incialmente se presentó proviniendo desde una dirección dada. Si el sonido se establece gradualmente, sin un transitorio, la mente puede encontrar considerables dificultades en localizar su punto de origen.

Se han realizado algunos experimentos interesantes en los que se tomaban fotografías simultáneas de la forma de onda de un sonido y de la respuesta de los nervios interesados en el mecanismo de la audición. Estas pruebas revelaron que los nervios descargan una señal al cerebro en el primer pico positivo del sonido[1].

Por lo tanto, se ha llegado a la conclusión de que la mente emplea el primer pico positivo como referencia para medir los intervalos de tiempo entre los sonidos que arriban a cada oído; pero el proceso debe repetirse frecuentemente para mantener la sensación de direccionalidad.

[1] James Moir, "Stereophonic Reproduction", *Audio*, octubre 1952.

Diferencias de intensidad.

Las diferencias de la intensidad en cada oído de un sonido dado, se consideran también como un importante factor. La intervención de la cabeza provoca una diferencia de sonoridad en cada oído debido al efecto de difracción. Se presenta un aumento de la presión del aire en el oído dirigido hacia la fuente de sonido y una disminución de esa presión en el oído alejado de ella, como se ilustra en la figura 204.

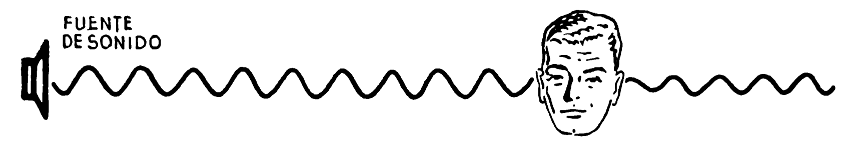


Fig. 204. *Efecto de la interposición de la cabeza sobre la amplitud del sonido en cada oído.*

Cuanto mayor es el tamaño del objeto interpuesto, tanto más grande es la diferencia de las presiones en cada oído y cuanto menor es la longitud de onda —o sea más alta la frecuencia— mayor es la diferencia de presiones.

Puesto que las diferencias de sonoridad son mayores en las altas frecuencias, la característica estereofónica de direccionalidad está principalmente asociada con el rango de agudos pero no existe acuerdo sobre cuál es la más baja de las frecuencias que tienen importancia. Algunos ubican el punto de partida tan bajo como 250 ciclos y otros en 500 u 800 ciclos. Algunos también indican que las frecuencias por encima de 7.000 u 8.000 ciclos no contribuyen a la direccionalidad.

En lo que toca a la sensación de direccionalidad se considera generalmente más importante las diferencias en intensidad que los tiempos de acceso. Un experimentador encontró que una diferencia en el tiempo de acceso, establecida en milisegundos, tenía que ser cinco veces mayor que la diferencia de intensidad en cada oído, expresada en decibeles, para producir el mismo efecto de direccionalidad. Este investigador determinó que entre los dos efectos se producía interacción y que en proporciones adecuadas podían sustituirse, reforzarse o cancelarse uno con el otro en cuanto a impartir direccionalidad al sonido.

La eficacia de la intensidad está indicada por otros autores que establecen:

> "... con tonos sostenidos, basta una diferencia de 2 dB en la intensidad del altavoz para producir un cambio en la posición aparente de la fuente sonora." [2]

---

[2] James Cunningham y Robert Oakes Jordan, "Stereophonic Microphone Placement", *Audio*, noviembre 1956.

A través de una larga experiencia, la mente humana ha aprendido a interpretar los diferentes niveles de sonoridad en cada oído, como variaciones en la posición angular de la fuente (fig. 205). Supongamos que un sonido debe hacerse aparecer como llegando no desde el extremo izquierdo sino desde un punto a aproximadamente un tercio de la distancia entre dos parlantes separados a lo largo de la

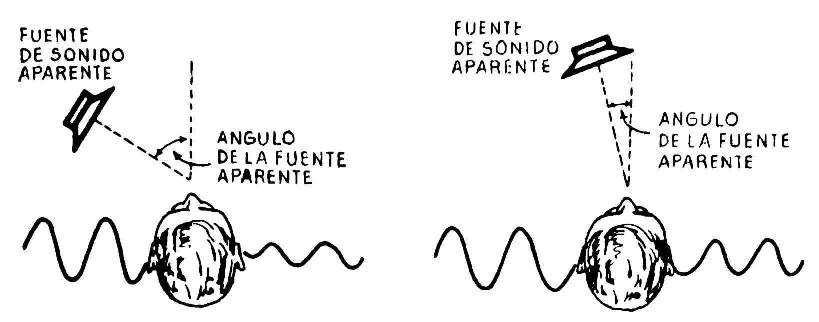


Fig. 205. *Posición angular aparente del sonido en función de la sonoridad relativa en cada oído.*

pared de una sala: si el nivel del parlante izquierdo es mayor, en la magnitud apropiada, que el del derecho, el oyente tendrá la ilusión de que el sonido emana desde un punto comprendido entre los dos parlantes y hacia la izquierda.

Para confirmar la correlación entre la sonoridad relativa en cada oído y la impresión resultante, formada en el cerebro, de la posición

Fig. 206. *Uso de una relación constante de las distancias entre una fuente sonora y dos micrófonos para comprobar la vinculación entre las diferencias de intensidad y la posición angular aparente.*

ARCO DE RELACION CONSTANTE ENTRE LAS DISTANCIAS

A = 1/2 B
A' = 1/2 B'
A" = 1/2 B"
ETC.

MICR. MICR.

angular, se llevó a cabo el siguiente ensayo[3]. Utilizando dos micrófonos en posiciones fijas, se dibujó un arco (fig. 206) de forma tal, que las distancias desde cualquier punto del arco a cada micrófono, aunque diferentes, mantenían siempre la misma relación entre sí, digamos 2 a 1. De este modo, el sonido recibido por el micrófono de la izquierda tendría siempre la misma intesidad relativa comparado con el sonido captado por el micrófono de la derecha, mientras la

[3] W. B. Snow, "Auditory Perspective", *Bell Laboratories Record*, marzo 1934.

fuente se mantuviera en cualquier posición sobre el arco. Si el micrófono de la derecha estaba al doble de distancia que el de la izquierda, este último captaría siempre cuatro veces más sonido (6 dB más). Una persona caminó a lo largo del arco hablando al mismo tiempo y el sonido captado por cada micrófono se llevó a las partes izquierda y derecha de un par de auriculares usados por los participantes en el experimento quienes no podían observar la persona que hablaba. Se requirió de éstos que estimaran la posición angular aparente del locutor y sin importar cuál era la posición de este último sobre el arco, los oyentes siempre tendieron a asignar al sonido la misma posición angular.

Diferencias de fase.

Aunque en la literatura sobre estereofonía hay una cantidad de referencias en las que se cita la fase como un factor de direccionalidad,

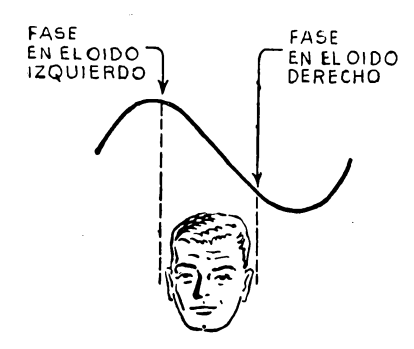


Fig. 207. *Diferencias de fase típicas en cada oído de un sonido de mediana frecuencia.*

las alusiones son generalmente vagas. Algunos autores niegan que la fase desempeñe un rol en el estéreo, al menos en lo que al efecto de direccionalidad concierne.

Nada indica que la mente tenga una base para discernir si es la fase del oído izquierdo o la del derecho, la que corresponde con el sonido que proviene de una dirección dada. No obstante, la carencia actual de una explicación no supone la certeza de que las diferencias de fase no tienen importancia.

Una onda sonora puede encontrarse en diferentes partes del ciclo cuando alcanza uno y otro oído (fig. 207). En frecuencias por debajo de los 1.000 ciclos, la longitud de onda es grande comparada con la distancia entre los oídos; así, en 500 ciclos, un ciclo ocuparía una distancia de aproximadamente 60 cm. y de allí que haya una considerable diferencia de fase en la onda para cada oído. Con una frecuencia elevada, por ejemplo, 5.000 ciclos, cada ciclo es sólo ligeramente mayor de 5 cm. y es posible que la onda se encuentre en el mismo

punto del ciclo en cada oído, como se ve en la figura 208. Por lo tanto, las diferencias de fase, si juegan un papel en el estéreo, están asociadas principalmente con las frecuencias inferiores a 1.000 ciclos.

Diferencias en las formas de onda.

Las diferencias en las formas de onda en cada oído representan aparentemente un factor de primera importancia en la orientación espacial. La mayoría de los que han explorado los fenómenos estereofónicos, llegaron a la conclusión de que la *naturaleza* de la señal que

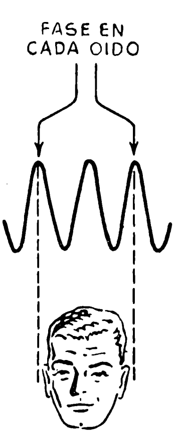


Fig. 208. *Posible identidad de fase en cada oído para los sonidos de altas frecuencias.*

alcanza cada oído produce una sensación de direccionalidad. En este sentido, la exposición más completa es quizás la de Hume[4] quien llega a afirmar que las diferencias en las formas de onda constituyen *el factor* determinante de la direccionalidad, sirviendo la intensidad y el tiempo de acceso para confirmar lo que la mente ya sabe.

La cabeza y también el oído externo, debido a su forma y tamaño, filtran las altas frecuencias; la cabeza actúa como un filtro para las frecuencia superiores a 800 ciclos y el oído externo, para las que están por encima de los 5.000 ciclos.

> "...el efecto estereofónico se produce por una diferencia en las altas frecuencias y en el contenido armónico de la señal sonora que alcanza el oído interno, introducida por la interposición de la cabeza y el oído externo."

De acuerdo con esto, el oído izquierdo recibiría todas las frecuencias de un sonido que llegara desde la izquierda, mientras que el oído derecho captaría el mismo sonido prácticamente desprovisto de su contenido armónico, como se ilustra en la figura 209.

---

[4] Howard F. Hume, "A New Concept on the Physiological Aspect of Stereophonic Sound", *Audio*, marzo 1957.

Hume realizó el siguiente experimento: un oscilador de audio generaba una onda senoidal que era reproducida por un amplificador de banda ancha y un parlante. El sonido era captado por un micrófono y la salida del mismo se midió en diferentes frecuencias. A continuación, se colocó entre el micrófono y el parlante un bloque de material absorbente cuya forma y tamaño semejaban la cabeza hu-

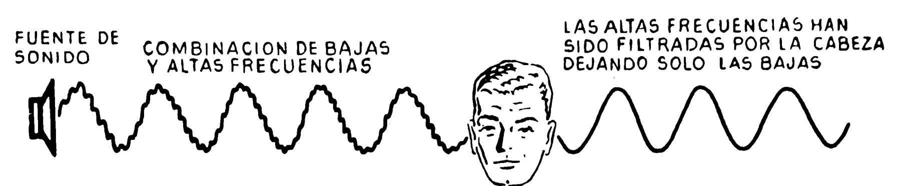


Fig. 209. *Cambio en la forma de onda debido a la interposición de la cabeza.*

mana y se tomaron nuevas lecturas de la salida del micrófono para varias frecuencias. Finalmente, se compararon los dos grupos de mediciones. Con frecuencias de 100, 200 y 300 ciclos, las lecturas disminuyeron 3 dB al colocar la obstrucción; pero con esta última en su lugar, las indicaciones eran inferiores en 7 dB a 1.000 ciclos, en 8 dB a 3.000 ciclos, en 10 dB a 5.000 y en 7 dB a 8.000 ciclos.

La conclusión fué que el contenido de altas frecuencias de una onda compleja sería lo suficientemente menor de un lado del obstáculo que del otro —o también en un oído que en el otro, suponiendo que el sonido llega desde la izquierda o de la derecha— como para alterar radicalmente la forma de onda que alcanza el oído más alejado.

La prueba anterior se repitió utilizando una onda cuadrada en lugar de una senoidal. Cuando se interpuso la obstrucción entre el parlante y el micrófono, la salida de éste, observada en un osciloscopio, se aproximaba a una onda senoidal indicando la pérdida del contenido de altas frecuencias.

Acto seguido, se dispusieron dos parlantes a 180° uno del otro y orientados hacia cada oído del oyente. El sonido que llegaba a los parlantes, lo hacía a través de una red discriminadora de frecuencias, una para cada uno de ellos, que permitía una atenuación variable de las altas frecuencias con una pendiente máxima de 4 dB por octava. Un control permitía al experimentador aumentar la atenuación de altas frecuencias para un parlante y disminuirla simultáneamente para el otro. Cuando así se hizo, los oyentes

> "informaron percibir la sensación de que el artista se movía de uno al otro lado del escenario... Los participantes fueron capaces de indicar con precisión la posición del artista sobre un arco de 180° a su frente. Se tomó nota del ajuste de los controles y se lo relacionó con la posición imaginaria del artista. En repetidos ensa-

yos, los intervinientes mantuvieron un alto grado de exactitud en la orientación del intérprete imaginado, con respecto a la posición de los controles. La sensibilidad relativa del oído a las frecuencias moderadamente altas —que es máxima a 3.000 ciclos aproximadamente— ayuda a explicar los resultados obtenidos como consecuencia de las variaciones en el contenido de altas frecuencias de los sonidos."

Hume, entre otros, ha sugerido que una persona con sólo un oído en funciones o con uno tapado, puede identificar la fuente de sonido con un grado de exactitud sorprendentemente alto. La información sobre la ubicación de la fuente puede obtenerse con ligeros movimientos de la cabeza que resultan en cambio de la forma de onda en cada oído. Afirma Hume que una persona puede recordar una cualidad tonal —la forma de onda de un sonido— durante un cierto período de tiempo.

"Moviendo su cabeza puede comparar las formas de onda recibidas en diferentes instantes y a partir de estos datos puede decidir la posición de la fuente, aún cuando esté utilizando un sólo oído para reunir la información."

Aunque una persona con sólo un oído bueno permanezca quieta, la cabeza realiza ligeros movimientos involuntarios, logrando una orientación espacial de mayor o menor magnitud.

Concluye que:

"En su mayor parte, la orientación de izquierda a derecha está determinada por la interposición de la cabeza, en tanto que la orientación de adelante hacia atrás la provee la porción externa del oído".

Relación entre el sonido directo y el reverberado.

En los interiores de contornos *normales,* los oídos reciben sonido de dos formas (fig. 210): directamente desde la fuente e indirectamente como resultado de las reflexiones en las paredes, en el piso, en el cielorraso y en los objetos del ambiente. La relación entre el sonido directo y el reverberado es uno de los factores que nos permiten localizar la fuente.

Un investigador [5] refirió que al utilizar dos parlantes en experimentos estereofónicos el sonido parecía provenir del que tenía la menor relación, es decir, del que tenía la proporción relativamente menor de reverberación. Afirmó que:

"En general, la localización tiende hacia el canal que da la reproducción más natural y real... Los experimentos demostraron que la disminución del nivel sonoro total o bien de la magnitud del

[5] Snow, *op. cit.*

sonido directo con relación al reverberado daba la impresión de que la fuente sonora se movía hacia atrás sobre el escenario. En consecuencia, la localización en profundidad es una función complicada de la sonoridad y de la reverberación relativa."

Considerando que en la vida real encontramos buena cantidad de reverberación y puesto que ésta provoca dificultades para distinguir la dirección, ¿cómo podemos orientarnos hacia los sonidos? Se atribuye esta posibilidad a la capacidad de la mente, particularmente a través

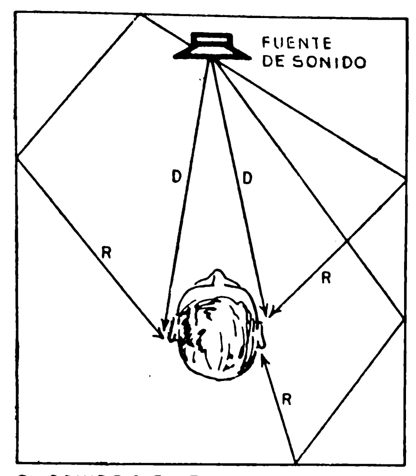


Fig. 210. *Ilustración de cómo el sonido directo y el reverberado alcanzan los oídos.*

de la audición biauricular, para distinguir entre el sonido directo y el reverberante, quizás sobre la base del tiempo de acceso, y para robustecer la captación del sonido directo localizando de este modo la fuente. La discriminación biauricular en favor del sonido directo puede importar tanto como 10 a 15 dB.

Durante la reproducción, el efecto de direccionalidad no depende de la distinción biauricular entre el sonido directo y el reverberado sino de la proporción de reverberación de un parlante o del otro, de suerte que la fuente aparente pueda ubicarse en la dirección del parlante con menor reverberación.

Extensión.

Uno de los factores de mayor importancia, tal vez el más importante, en el efecto estereofónico, es la sensación de extensión. Ésta no tiene que ver con la dirección asignada a la fuente, más bien su influencia se manifiesta en la impresión producida en el oyente de que la fuente misma es amplia o de que la ejecución tiene lugar en

un gran salón de los confines de un living-room típico. Así, un autor ha comentado:

> "La relevante atracción estética obtenida de una reproducción orquestal con perspectiva de auditorio, no se debe tanto a la localización exacta de los diferentes sonidos, como a un efecto general de distribución espacial que añade plenitud a la sensación total." [6]

La ilusión de extensión se produce en varias formas; una de ellas resulta de la distribución física de la fuente sonora: si el sonido se reproduce con dos o más parlantes separados a cierta distancia, se suprime la impresión de que se estuviera emitiendo desde un hueco relativamente pequeño en un punto definido de la sala. Si bien esta disposición puede introducir —al menos teóricamente— algunos problemas, como el de la cancelación de ciertas frecuencias o el refuerzo de otras debido a las diferencias de fase presentes cuando el sonido de cada parlante alcanza el oído, la mayoría de los oyentes encuentran que la reproducción con más de un sistema de altavoces, aumenta considerablemente el brillo de la música originariamente producida por una fuente extensa.

Puede lograrse una sensación de extensión obturando un oído, con lo que disminuye significativamente la capacidad para orientarse hacia la fuente sonora y se favorece de este modo la ilusión; no es un método recomendado sino un simple experimento que aclara uno de los fenómenos involucrados en el proceso de la audición. La recepción del sonido con un sólo oído, aunque más no sea, probará que existe la ilusión auditiva, y es solamente por medio de esta última que podemos traer una orquesta de 100 ejecutantes a los límites de un ambiente promedio.

La sensación de extensión está asociada en gran parte con la reverberación; se estima que en una ejecución musical tanto como el "90 % de la energía sonora que alcanza a un miembro del auditorio, puede haber sido reflejada una o más veces en las diferentes superficies del salón" [7]. Nuestros oídos se desarrollan acostumbrados a asociar una cierta cantidad de reverberación —esto es, la relación del sonido reverberado al directo y el tiempo de retardo entre ambos— con los distintos tamaños de ambientes. Cuando percibimos un determinado valor de reverberación en un espacio confinado, los hábitos de la mente tienden a producir la ilusión de que escuchamos el sonido en un ámbito mucho más amplio.

La forma en que la mente asocia el sonido reflejado con la extensión ha sido descrita como sigue:

---

[6] *Ibid.*

[7] E. H. Bedell, "Auditorium Acoustics and Control Facilities for Reproductions in Auditory Perspective", *Bell Laboratories Record,* marzo 1934.

"Supongamos que estamos sentados en una sala de concierto y se presenta un sonido; nuestros oídos serán heridos por las reflexiones del mismo en todas las direcciones mientras que el sonido directo sólo responderá por un pequeño porcentaje de la energía sonora total que nos alcanza. Por supuesto nos orientaremos hacia el sonido directo, pero la mente integrará la energía reflejada y formará una impresión del tamaño de la sala, tal vez en forma algo parecida a aquella en que los murciélagos utilizan el principio del radar de reflexión para percibir las obstrucciones." [8]

La reverberación puede ayudar también a impartir la ilusión de extensión con otros procedimientos. Al aumentar su magnitud, disminuye la habilidad de la mente para localizar la fuente y por ello, si el sonido reverberado está producido por el mismo parlante que genera el original, decrecerá la impresión del oyente de que el sonido proviene de una pequeña área específica del salón.

Todo tiene sus limitaciones; una relación excesiva entre el sonido reverberado y el directo puede llegar a ser molesto y servir para enturbiar el sonido o de lo contrario, para agobiar los oídos. También, los intervalos prolongados entre el tiempo de acceso del sonido directo y el del reverberado pueden producir un eco más bien que un efecto de sala de concierto.

El máximo intervalo recomendado entre el sonido original y el reverberado es de 40 a 50 milisegundos; como el sonido se propaga

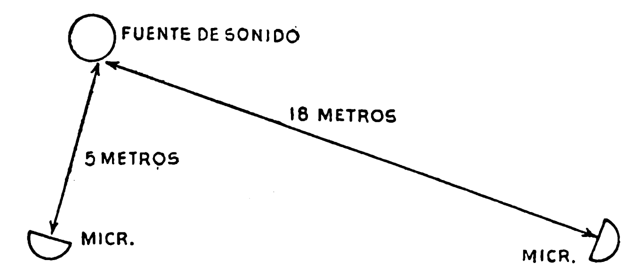


Fig. 211. *Ejemplo del efecto de eco producido por la excesiva diferencia en las distancias entre los micrófonos y la fuente de sonido.*

a 345 metros por segundo, la posición de los micrófonos debe ser tal, que no produzca una diferencia en los recorridos desde la fuente a cada uno de ellos, en exceso de 18 metros aproximadamente, según se ilustra en la figura 211. Este principio también se aplica a las distancias desde los parlantes de estéreo al oyente, aunque tales desigualdades sólo pueden presentarse en ambientes extremadamente grandes, como en el caso de un salón social.

---

[8] Cunningham y Jordan, *op. cit.*

Efecto de multiplicidad.

El estudio de una reproducción orquestal indica que la impresión mental de un gran conjunto de violines ejecutando al mismo tiempo, deriva del hecho de que no lo hacen con absoluta simultaneidad; las ligeras diferencias en el tiempo de ataque y cese, en el tono y en el timbre son las responsables de que suene como un *grupo* de violines. Si todos los músicos tocaran exactamente juntos, el sonido sería similar al de un solo violín sumamente amplificado.

De un modo similar, el efecto estereofónico depende en alto grado de un esquema de sonidos múltiples que difieren ligeramente en algún aspecto —posiblemente en intensidad, fase, forma de onda y tiempo de acceso—. Podemos intentar una analogía: en la percepción visual en relieve, se registran simultáneamente en la mente dos imágenes ligeramente distintas para producir el efecto de solidez. Si bien la analogía puede ser no del todo incorrecta, falla en el hecho de que la visión en relieve se basa en observar con cada ojo una imagen diferente. En el caso de la audición empero, puede lograrse una ilusión de solidez con un solo oído en virtud de los esquemas de sonidos múltiples. Una analogía exacta podría ser el efecto tridimensional que un artista puede lograr sobre una superficie plana a través de una aplicación habilidosa de las sombras y el sombreado.

Resulta por lo tanto comprensible, que las técnicas de cuasi-estéreo sean eficaces en muchos aspectos y aunque se utilice un único canal como fuente de sonido, puede introducirse la sensación de solidez alterando en alguna forma las características del sonido para ser reproducido en parlantes adicionales. El sonido de cada parlante puede diferir en varias cualidades, balanceo de frecuencia, fase, tiempo de acceso, y estas diferencias ayudan a crear la sensación de solidez. Es completamente factible que los efectos del cuasi-estéreo puedan obtenerse aún con un sólo parlante.

Rango dinámico.

Consideremos los factores que condicionan la reproducción monofónica de alta calidad y que constituyen los elementos esenciales del sonido estereofónico con efecto de realismo. El orden en que se los trate carece de importancia y comenzaremos refiriéndonos al rango dinámico.

En la ejecución viva de una orquesta, el rango entre los sonidos más leves y los más estentóreos es de 60 a 70 dB, es decir, la más grande cantidad de potencia acústica generada por la orquesta puede ser 1.000.000 a 10.000.000 de veces la más pequeña. Un gran grupo coral, una banda militar y otras fuentes similares tienen rangos dinámicos del mismo orden.

La reproducción realística debe permitir que una parte sustancial de este rango sea regenerada; los sonidos más intensos no deben sobrecargar el equipo al punto de producir distorsión apreciable; los más débiles deben ser discernibles, es decir, deben oírse sobre el ruído de fondo y sobre el que introduce el equipo reproductor.

Las limitaciones usuales en el rango dinámico residen en el equipo electrónico, en virtud del ruído (incluyendo el zumbido) que produce. Cuando los sonidos espurios son tan elevados como la señal de audio tienden a enmascararla parcial o totalmente. Muchos de los sonidos asociados con la direccionalidad y otras características del estéreo pertenecen a la región de altas frecuencias, y puesto que éstas producen usualmente sonidos débiles, la limitación del rango dinámico tiende a disminuir el efecto estereofónico.

La contracción del rango dinámico introducida durante la grabación o la transmisión de radio produce por sí misma un efecto de estrechez; es como si el piso y el cielorraso de un gran salón se hubiesen acercado notablemente el uno al otro. Si por ejemplo, un rango dinámico original de 60 dB se confina en 35 dB, muchos de los acentos y matices logrados con los cambios de nivel quedan limitados en sus efectos; la reproducción ha dado un paso atrás en realismo.

Ruido.

Un nivel de ruido elevado tiende a impedir la percepción de los sonidos más débiles, sonidos que pueden desempeñar un papel importante en el efecto estereofónico. Además, el ruido mismo es un factor interferente; en último análisis, el efecto del estéreo es sólo una ilusión que puede destruirse fácilmente por elementos extraños tales como silbidos, zumbidos, crujidos, detonaciones y otras formas de ruido.

Distorsión.

El estéreo parece acrecentar la claridad de la reproducción musical y disminuir la distorsión aparente. Aunque esto sea cierto, no constituye un argumento para tolerar mayores proporciones de distorsión en el estéreo que en la reproducción monofónica.

El impacto inicial del estéreo sobre el oyente tiende a ser tan impresionante que las diferencias entre los parlantes excelentes y los regulares, entre los amplificadores de buena y de mala calidad, etc., parecen tener menor significación. Pero luego de repetidas audiciones, el efecto inicial se va disipando y la distorsión repercute más y más en la conciencia. Es una historia parecida a la del equipo monofónico que reproducía extremadamente bien al principio pero que mostró muchas imperfecciones como resultado del mayor conocimiento.

Por tanto, puede decirse que la reproducción realística se vincula

con un mínimo de distorsión. La direccionalidad, extensión, etc., no puede compensar el sonido que ha perdido la claridad —"cualidad de limpio"— de la ejecución original.

Respuesta de frecuencias.

Como ocurre con la distorsión, algunos creen que con respecto a la respuesta de frecuencias deben aplicarse patrones menos rigurosos en la reproducción estereofónica que en la monofónica. Es verdad que un rango limitado de frecuencias tiende a ser menos apreciable en el caso del estéreo pero esto no significa que una versión estereofónica con un rango de, digamos, 50 a 8.000 ciclos, pueda ser tan buena como una con un rango de 50 a 15.000 ciclos.

La direccionalidad y otras cualidades asociadas con el estéreo dependen en gran parte de la apropiada reproducción en el rango de agudos; los transitorios, vinculados con la direccionalidad, tienen que ver por su propia naturaleza, con las altas frecuencias y una reproducción inadecuada de los mismos se hace notable en la pérdida de direccionalidad y en la ausencia de brillo y limpidez.

La respuesta de frecuencias también alude a la uniformidad de la respuesta; los picos agudos logran perturbar los oídos en la reproducción estereofónica por lo menos tanto como en la monofónica. Y probablemente más en la primera porque los picos en un canal de sonido o en el otro pueden provocar su desplazamiento aparente de la fuente, de uno a otro parlante. La importancia de una respuesta de frecuencias ancha y uniforme en la concreción del efecto estereofónico, es decir, del máximo realismo, queda evidenciada por el grado de atención que varios investigadores han prestado a este factor. Así, los parlantes utilizados en los experimentos de estéreo de los Laboratorios Bell "fueron diseñados... para responder uniformemente sobre el rango de 40 a 15.000 ciclos" [9]. En las experiencias sobre estereofonía llevadas a cabo por Ampex Corp., se emplearon redes especiales de ecualización para obtener una respuesta relativamente plana entre 40 y 15.000 ciclos a objeto de reproducir en un sistema de parlantes de teatro, el sonido de una orquesta completa grabado en cinta [10].

Nivel de la reproducción.

Muchas personas son adictas a adoptar niveles de volumen sumamente elevados cuando hacen uso de un equipo monofónico;

---

[9] A. L. THURAS, "Loudspeakers and Microphone for Auditory Perspective", *Bell Laboratories Record*, marzo 1934.

[10] WALTER T. SELSTED y ROSS H. SNYDER, "Acoustical and Electrical Considerations in Symphony Orchestra Reproduction", *Audio*, enero 1957.

buscan con ello destacar todos los sonidos de la ejecución original para superar la aparente pérdida de graves que se presenta con niveles reducidos (efecto Fletcher-Munson) y para regenerar la imponencia de la interpretación viva. Es común en los audiófilos escuchar la música con niveles *superiores* a los que hubiesen apreciado en la ejecución viva.

Puede surgir el interrogante de si los niveles de reproducción próximos a los del original son tan importantes en la audición estereofónica como en la monofónica. Antes de considerar esta cuestión hagamos una breve digresión para aclarar lo que significa "nivel original". La referencia no alude a la potencia acústica verdaderamente producida por una fuente de sonido tal como una orquesta, que puede ser del orden de los cientos de watts, sino más bien a la cantidad de energía sonora que llega a los oídos del oyente en una situación típicamente buena, digamos un asiento en la 10º ó 15º fila de una sala de concierto. En este caso, la potencia involucrada es del orden de unos pocos watts o aún menor de un watt.

En general, las autoridades parecen coincidir en que la ilusión del estéreo alcanza su plenitud cuando se reproduce la música a un nivel cercano al original. Esto no significa que la música reproducida deba tener *necesariamente* la altura de la original ni que haya de tener el mismo nivel en el estéreo que en la versión monofónica para iguales sensaciones de realismo. Lo que se quiere expresar, es simplemente que llevando el volumen a un nivel *aproximado* al del original, puede de ese modo acrecentarse la ilusión de presencia, de encontrarse ante la interpretación viva.

Este punto ha quedado muy bien expresado por uno de los más importantes productores de parlantes:

> "Es verdaderamente exacto, que con material de programa estereofónico, no resulta necesario reforzar la intensidad más allá del nivel correspondiente al concierto vivo a efectos de apreciar los detalles finos. Pero con el estéreo encontramos aún más deseable que el material se reproduzca al nivel de la audición natural. La mayoría de los oyentes manifiestan sentir que a medida que el volumen se reduce, la cualidad de "realístico" se desvanece aún más rápidamente que con la reproducción de un sólo canal. Algunas grabaciones estereofónicas de piezas sinfónicas, suenan en forma muy parecida al material de un solo canal hasta que se reproducen con *mucha* altura; entonces se despliega súbitamente la orquesta en pleno y el efecto es magnífico." [11]

---

11 Correspondencia de James B. Lansing Sound, Inc.

capítulo 3

el estéreo en el aire

La radiodifusión de estéreo —o estereodifusión— puede dividirse en cuatro categorías: 1) MF-MA, que hace uso de una estación de modulación de frecuencia para trasmitir un canal del programa estereofónico y una estación de modulación de amplitud para trasmitir el otro; se la denomina frecuentemente "simulcasting". 2) MF-MF, en la cual dos estaciones de MF irradian las dos señales de estéreo; se la llama a menudo "multicasting" [1]. 3) Sistema múltiplex, donde ambos canales del programa de estéreo se trasmiten con una sola estación de MF empleando técnicas recientemente perfeccionadas; el multiplex es el vehículo lógico para la estereodifusión. 4) Estéreo en MA, en la que ambos canales se trasmiten por medio de una estación de MA.

Existen dos técnicas de múltiplex, conocidas como sistema Halstead y sistema Crosby, que serán explicadas en el presente capítulo.

Simulcasting.

Hasta el presente, el método MF-MA ha sido el más popular en la estereodifusión; sus elementos básicos se muestran en la figura 301. Recientemente, en 1958, el simulcasting fué adoptándose en más de 50 ciudades por períodos que varían desde ½ hora hasta tanto como 20 o más horas por semana. Por añadidura, se difundió estéreo en varias zonas por medio de una estación de TV y una de MA.

Aunque el sistema MF-MA tiene limitaciones técnicas definidas con relación a otros métodos de estéreo, su relativa popularidad se debe al hecho de que demanda un mínimo de equipos tanto para la radiodifusora como para el oyente. Un número importante de estaciones de MA tienen complementos de MF, de modo que se requiere muy poco para introducir los medios adicionales que permi-

[1] *N. del T.* Los términos "simulcasting" y "multicasting" tomados del original podrían traducirse como *difusión simultánea* y *difusión múltiple* respectivamente. Amparándonos en la aceptación del vocablo "broadcasting", conservaremos las designaciones del original para estos dos sistemas así como para el de múltiplex.

tan difundir las porciones de canal L y canal R del programa de estéreo, sobre trasmisores separados. En cuanto al oyente, no necesita poseer un sistema secundario completo de alta fidelidad para reproducir el segundo canal. Como se ve en la figura 302, en lugar de una cadena completa de componentes de alta fidelidad, puede utilizar simplemente como sustituto una radio de MA. Por cierto que así no duplicará la calidad de audio de un sistema de alta fidelidad, pero estará en condiciones de traer el estéreo a su hogar, aunque sólo sea temporariamente, hasta tanto se provea de un equipo más adecuado para el segundo canal.

La radiodifusora de MF-MA, por el afán de complacer los oyentes de estéreo, no debe descuidar su mucho mayor (hasta ahora) auditorio monofónico. Debe observar que cada uno de los micrófonos de estéreo capten sustancialmente todo el sonido, de modo que ni el oyente monofónico en FM ni el de MA se vean privados de una parte significativa del material de programa. En otras palabras, la distancia entre los micrófonos del canal L y del R no debe exagerarse con vistas a lograr el efecto estereofónico, al precio de una reproducción monofónica inadecuada; por otra parte, disponer los micrófonos demasiado próximos podría tender a reducir el efecto de estéreo. Por lo tanto, la radiodifusora de MF-MA debe seguir una línea de compromiso.

Usando los términos del ingeniero jefe de la WQXR en la ciudad de Nueva York, una de las primeras radiodifusoras:

> "Cualquier radiodifusora ... bajo el sistema actual, necesita ejercer extremas precauciones en la ubicación del micrófono a objeto de no degradar ningún canal para el oyente monofónico. En cuanto tengamos el control sobre nuestras ejecuciones vivas, se verá que la separación que utilizamos es moderada (en la actualidad el efecto estereofónico puede lograrse con un mínimo de separación) y raramente excederemos una distancia de 1,20 metros. Debe tenerse en cuenta que nuestros grupos musicales están en la categoría de la música de cámara, cuarteto, quinteto, dos pianos, etc."[2]

En cambio, la radiodifusora de MF-MA se encuentra ante un difícil problema cuando la ubicación de los micrófonos está fuera de su control, como sería el caso cuando se propala una cinta o un disco comercial de estéreo. Debe evitar el material grabado con un amplio espaciado de micrófonos a menos que tenga el propósito de dejar que se afecte la trasmisión monofónica. La circunstancia de que el simulcasting quede así limitado en su material de programa es uno de los factores puntualizados para expresar la preferencia

2 Correspondencia del Sr. Louis J. Kleinklaus, estación WQXR, New York, N. Y., E. U. de A.

por el múltiplex (sistema Crosby) como medio para la trasmisión de estéreo.

Otra dificultad importante en la estereodifusión con MF-MA, deriva del hecho de que la señal de MA está sujeta a una considerable degradación, la que puede tener lugar en el trasmisor, en el aire

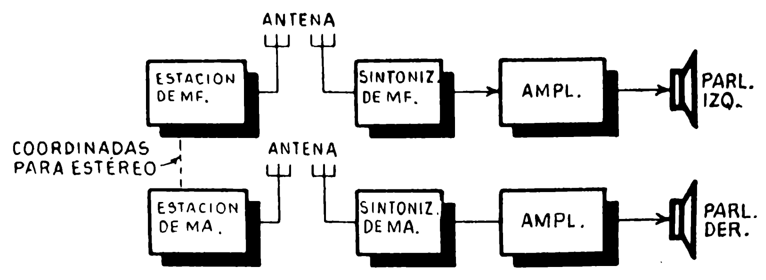


Fig. 301. *Estereofonía en MF-MA, "Simulcasting".*

o en el extremo receptor. Un aspecto en el cual resulta afectada la señal de MA es la respuesta de frecuencias, esto es, la respuesta en el extremo de altas frecuencias. Si bien es cierto que una cantidad de estaciones de MA difunden una señal plana hasta 10.000 a 12.000 ciclos y ocasionalmente hasta 15.000 ciclos, todas las cuales caen en los límites de la alta fidelidad, muchas otras en cambio, encuentran necesario cortar la respuesta abruptamente por encima de los

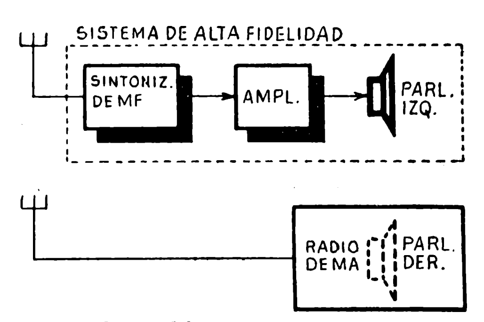


Fig. 302. *Adición del estéreo con un mínimo costo.*

5.000 ciclos para evitar interferencias con estaciones de frecuencias próximas. Cuanto más grande es el rango de audio transmitido por la estación, tanto mayores son las posibilidades de interferencia.

Aún cuando la señal transmitida se extienda hasta 10.000 ciclos o más, muy pocos sintonizadores de MA son capaces de preservar esta respuesta de frecuencias; muchos, aún aquellos especificados como de alta fidelidad, sólo tienen respuesta plana hasta 5.000 ó 6.000 ciclos; algunos excepcionales mantienen la respuesta hasta alrededor de 8.000 a 9.000 ciclos.

Pero por otra parte, existen indicios de que el problema de la respuesta de frecuencias extensa en el canal de MA, si el sistema de MF-MA sobrevive como medio para la difusión de estéreo, podrá ser superado por una técnica de radiodifusión relativamente nueva, la transmisión banda lateral única (SSB). Este sistema permite a una estación irradiar un rango de frecuencias dos veces mayor que el presente dentro de la misma porción del espectro radiofrecuente. En lo que respecta a su aplicación en la radiodifusión comercial, el SSB está aún en su etapa experimental.

No obstante, en la época actual, el canal de MA está definitivamente limitado en lo que atañe a la respuesta de altas frecuencias, ya sea en la transmisión, en la recepción o en ambas. La atenuación de las frecuencias elevadas en uno de los canales, desnivela la ilusión del estéreo y tiende a enfocar los oídos excesivamente sobre el parlante con el mayor contenido de altas frecuencias.

La propagación de una onda de radio por el método de MA, tiene la desventaja en relación con el de MF, de que está mucho más expuesto al ruido, fading y otros inconvenientes. En una zona de señal intensa, próxima a la antena trasmisora, la señal puede encontrarse suficientemente libre de ruido y así considerarse apta para

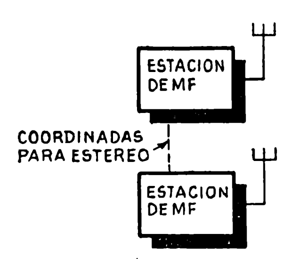


Fig. 303. *Transmisión estereofónica en MF-MF, "Multicasting".*

la recepción en alta fidelidad, pero una gran parte de los oyentes se encuentra a distancias tales como para que se manifiesten los defectos de la MA. La presencia de apreciable ruido y otros tipos de interferencias en uno solo de los parlantes, como resultado de la utilización de MA para un canal, tiende a destruir la ilusión de una fuente de sonido extendida a lo largo del ambiente.

Multicasting.

Como se ilustra en la figura 303, el sistema multicasting es básicamente similar al simulcasting, diferenciándose solo en que el segundo canal se trasmite con una estación de MF en lugar del complemento en MA de una estación de MF. De aquí que sea necesario a menudo obtener cooperación entre dos emisoras independientes, no siempre fácil en un mundo tan competitivo. En la parte receptora, un número considerablemente reducido de oyentes gustará

poseer un sintonizador adicional de MF y el equipo reproductor asociado, comparados con aquellos que tienen un receptor de MA junto con un sintonizador de MF. Por esa razón, la estereodifusión con MF-MF ha conquistado muy pocos progresos y las condiciones actuales indican que desempeñará un papel limitado en el futuro.

En otro aspecto, la demanda por la estereodifusión en MF-MF se ha hecho sentir por sí misma, desde que varias estaciones han adoptado esta forma de broadcasting y los oyentes se han ingeniado para resolver el problema de un sintonizador de MF suplementario. De acuerdo con lo expresado por el director de programas de la WBUR de Boston, que coopera con la WGBH de la misma ciudad para la trasmisión de programas de estéreo en MF-MF:

> "... se ha difundido estéreo en MA-MF a través de una estación comercial de Boston, pero lo que el público pareció apreciar más, fué la oportunidad de escuchar estéreo totalmente en MF. Hemos recibido muchas cartas señalando que los oyentes mancomunaron sus equipos a objeto de recibir las trasmisiones" [3].

Desde el punto de vista técnico, el sistema MF-MF puede proporcionar resultados extremadamente buenos y la tarea de coordinar dos emisoras independientes de MF, no presenta problemas especialmente difíciles. Sin embargo, el sistema adolece de las mismas limitaciones del MA-MF en cuanto no puede usarse mucha distancia entre los micrófonos si cada estación ha de servir adecuadamente a sus oyentes monofónicos.

En el extremo receptor hay un problema más, aunque probablemente no muy importante, si se utilizan dos sintonizadores de distinta marca. Como se muestra en la figura 304, la emisora de MF provee una cierta proporción de preénfasis en las frecuencias altas y el sintonizador debe suministrar la correspondiente cantidad de deénfasis a fin de obtener una respuesta plana. Al mismo tiempo, el deénfasis reduce el ruido y esta propiedad es la que indujo a adoptar esta disposición. Pero desafortunadamente, no todos los sintonizadores incorporan la magnitud normal de deénfasis mostrada en la figura 304; algunos dan menos de lo requerido para la atenuación de los agudos de modo que el resultado final es un refuerzo de estos últimos haciendo que la salida del sintonizador tenga la característica de brillante. Utilizando dos sintonizadores con diferentes curvas de deénfasis, se tendrá como consecuencia distinta cantidad de agudos en cada parlante con detrimento del efecto estereofónico (a menos que, por casualidad, se inyecte la señal del sintonizador más brillante al más opaco de los parlantes).

---

[3] Correspondencia del Sr. Roderick D. Rightmire, Estación WBUR, Boston, Mass.

En relación con la difusión por MF-MF (y también por MA-MF) es interesante hacer notar que algunos oyentes han tenido la oportunidad de escuchar estéreo de tres canales haciendo uso de la TV como tercer canal. Las estaciones WGBH y WBUR de Boston,

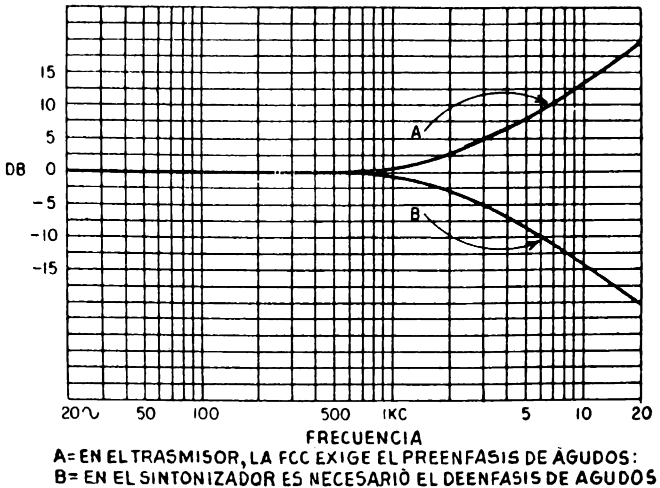


Fig. 304. *Preénfasis y deénfasis de agudos en la trasmisión y en la recepción de MF.*

han cooperado en un programa de este tipo trasmitiendo los canales izquierdo y derecho mientras que una de TV fué preparada independientemente para suministrar el sonido del canal central.

Múltiplex.

Aunque los progresos en múltiplex han sido más lentos, esta técnica de estereodifusión comporta la promesa más firme para el futuro, por lo menos desde el punto de vista técnico. Permite di-

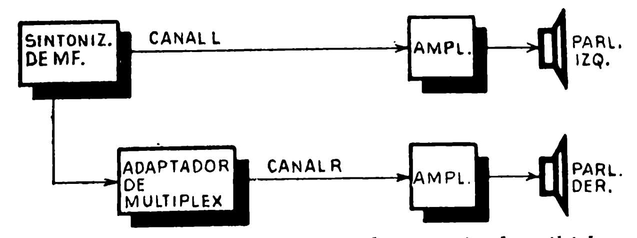


Fig. 305. *Elementos de un sistema de recepción de múltiplex.*

fundir un programa de estéreo desde una sola emisora, mantener igual calidad en ambos canales y proporcionar los máximos beneficios tanto al oyente de estéreo como al monofónico. Agregando un adaptador especial de múltiplex a su actual sintonizador de MF, el

oyente en el área de una estación dada estará en condiciones de obtener un segundo canal. El sonido del canal L se provee, por medio de un sintonizador de MF, a un amplificador y un parlante en la forma convencional. El adaptador toma una señal desde un punto apropiado del sintonizador y de la misma deriva el sonido del canal R que se lleva a una segunda cadena de amplificador y parlante.

Antecedentes históricos.

El sistema múltiplex de MF está ligado al nombre del Mayor Edwin H. Armstrong, quien promovió la técnica de MF en la trasmisión de radio haciendo posible la recepción libre de ruido, con baja distorsión y amplio rango de frecuencias. En 1934, 1939 a 1940 y después de la segunda guerra mundial, llevó a cabo experimentos que condujeron a conceptos reflejados en los equipos múltiplex de la actualidad. Con posterioridad a la segunda guerra mundial, varias compañías y laboratorios de investigación se vieron interesados en el problema de utilizar una estación de radio para difundir no solamente el sonido sino también señales de facsímil que permitieran trasmitir fotografías, información impresa, etc., a través del éter. Uno de los problemas era impedir que la señal de facsímil interfiriera con la de audio perjudicando a esta última. La eventual solución del problema de trasmitir simultáneamente los facsímiles y el audio, abrió el camino para la difusión de dos señales de audio sin interferencia mutua y con ruido y distorsión satisfactoriamente bajos.

La primera demostración pública de trasmisión en múltiplex, fué realizada por la Multiplex Development Corp. en 1950, en la ciudad de Nueva York, utilizándose dos micrófonos distanciados para captar un trío instrumental en la estación experimental KE2-XKH. En aquella oportunidad, la respuesta de frecuencias del segundo canal, llamado subcanal, se limitó a 8.000 ciclos no obstante lo cual, la demostración resultó impresionante.

Armstrong y su grupo de investigadores de la Universidad de Columbia, presentaron su sistema múltiplex en 1953. Sin embargo, el sistema no era compatible desde que no permitía al oyente monofónico continuar utilizando el sintonizador existente. Debía adquirirse un sintonizador especial para recibir un programa trasmitido con la técnica múltiplex de Armstrong, aún cuando el oyente estuviera interesado solamente en la recepción monofónica. En cambio, los métodos desarrollados por otros grupos permitían al propietario de un sintonizador convencional de MF, continuar utilizándolo independientemente de que la estación sintonizada trasmitiera o no un programa en múltiplex.

Por 1955, el sistema múltiplex estaba listo para el uso popular;

se habían desarrollado equipos capaces de satisfacer los requisitos de alta fidelidad en lo que respecta a la respuesta de frecuencias, distorsión y relación señal-ruido. La respuesta hasta 15.000 ciclos proporcionada por estos equipos se obtenía tanto en el subcanal como en el canal principal; la relación señal-ruido era mejor de 60 dB en el canal principal y por lo menos 55 dB en el subcanal, valores comparables con los de la MF monofónica y mejores que los obtenidos ordinariamente en MA. La distorsión tanto por armónicas como por intermodulación se mantuvo inferior a 0,5 % en el canal principal y 1,5 % en el subcanal con máximo nivel de señal (modulación completa), lo que satisfacía las normas de alta fidelidad.

Trasmisión y recepción de múltiplex.

Las figuras 306 y 307, esquematizan el sistema Halstead de múltiplex suministrando una explicación elemental pero básica, de

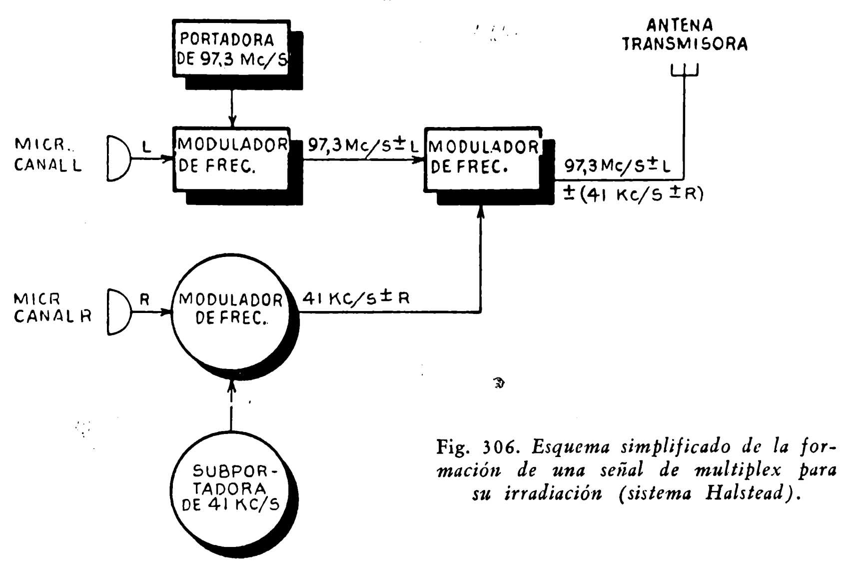


Fig. 306. *Esquema simplificado de la formación de una señal de multiplex para su irradiación (sistema Halstead).*

como se forma la señal a efectos de irradiarla y de cómo se descifra en el extremo receptor. En la figura 306, los rectángulos representan el canal L y los círculos el canal R. La señal de audio del canal L, o simplemente L, se combina con una de radiofrecuencia denominada portadora; a título ilustrativo se supone que la frecuencia de la portadora es 97,3 Mc/s. La combinación de L y la portadora tiene lugar en un modulador de frecuencia. El resultado final es que la portadora varía por arriba y por debajo de su frecuencia original en correspondencia con la amplitud de L y el número de tales variaciones por segundo depende de la frecuencia de L; esto constituye

una modulación de frecuencia y podemos representarla por la expresión 97,3 Mc/s ± L.

De igual modo, la señal de audio del canal R, que llamaremos R para abreviar, modula en frecuencia otra portadora pero esta última no es del orden de los megaciclos sino que está ligeramente por encima del rango de audio; una frecuencia de portadora para estéreo

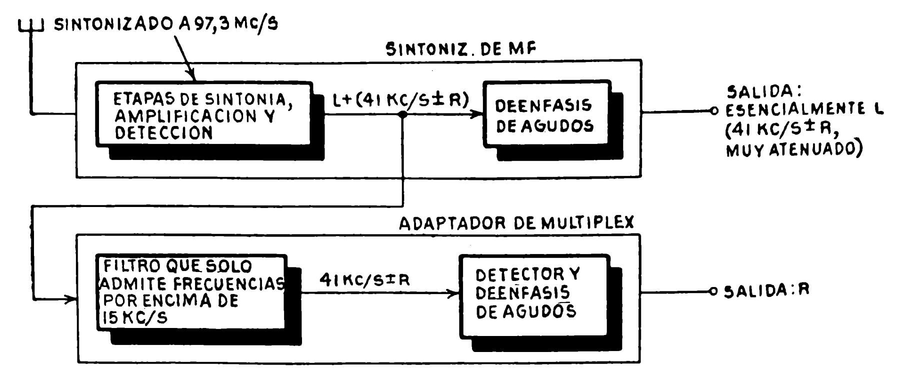


Fig. 307. *Esquema simplificado de la detección de las componentes L y R de una señal de multiplex.*

podría ser 41 Kc/s. El resultado de modular los 41 Kc/s en concordancia con la amplitud de R, puede escribirse 41 Kc/s ± R.

Luego, la señal de 41 Kc/s ± R se combina con la señal de 97,3 Mc/s ± L en un tercer modulador de frecuencia. El resultado final es 97,3 Mc/s ± L ± (41 Kc/s ± R). En otras palabras, la portadora de radiofrecuencia queda modulada tanto por L como por la de 41 Kc/s, estando modulada esta última, a su vez, por R; esta combinación es la que va al aire.

En la figura 307 podemos ver cómo se invierte el proceso; en primer lugar, la señal de múltiplex se conduce a un sintonizador convencional de MF ajustado en 97,3 Mc/s. Este detecta la señal L y la de 41 Kc/s ± R, las cuales se inyectan en un circuito de de-énfasis de agudos puesto que la señal de MF debe sufrir una atenuación de aquéllos para compensar el refuerzo de agudos introducido en la estación radiodifusora. A la salida del sintonizador tendremos por lo tanto, una señal L plana y una señal 41 Kc/s ± R sumamente atenuada, la que por hallarse por encima del rango de audio no puede escucharse en ningún caso.

Retornando al punto del sintonizador donde ya han sido detectadas las señales L y 41 Kc/s ± R pero antes del de-énfasis, vemos que estas mismas señales se conducen al adaptador de múltiplex. Este admite solamente las señales superiores a 15.000 ciclos y de acuerdo con ello, acepta la señal 41 Kc/s ± R y elimina la señal L, después

de lo cual procede a detectar la información de audio de R. De este modo, el adaptador suministra una señal R en su salida.

Progresos hasta la actualidad.

La instalación de un sistema de múltiplex en una estación de MF existente no es una simple cuestión de añadir equipos para proveer un segundo canal, sino un proceso de integración de los nuevos

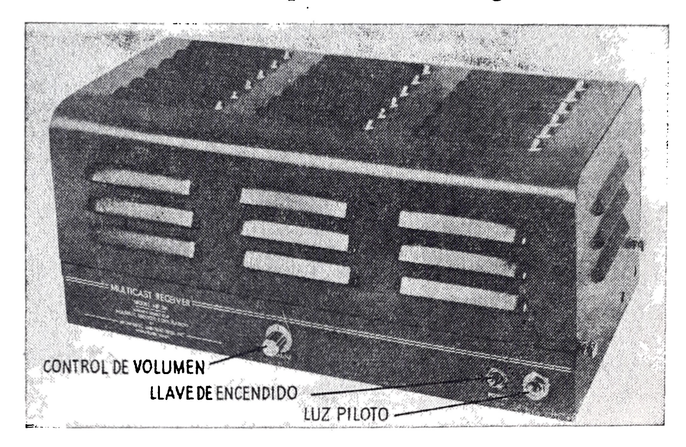


Fig. 308. *Receptor de multicasting para una sola frecuencia.* (Cortesía de Multiplex Corp.)

aparatos con los viejos. A menudo el equipo antiguo no ha sido diseñado para satisfacer las rigurosas normas de funcionamiento exigidas para un servicio eficiente de múltiplex. De aquí que en la conversión de una emisora de MF al múltiplex, deban efectuarse usualmente cambios sustanciales en los aparatos existentes al mismo tiempo que se agregan nuevos elementos.

El adquirente de música funcional alquila un sintonizador especial, tal como el que se muestra en la figura 308, sintonizado en una sola frecuencia — aquélla correspondiente a la estación que vende la música funcional en el segundo canal. Esta unidad consiste de un sintonizador de MF más o menos convencional y un adaptador; también incluye un amplificador de audio capaz de excitar varios parlantes al nivel normal en la música funcional. Incorporado al adaptador se encuentra un dispositivo silenciador que, a voluntad de la emisora, puede suprimir el sonido; esto se consigue por medio de señales especiales de control irradiadas por la estación y sintonizadas por la unidad múltiplex. El dispositivo silenciador lleva el propósito de eliminar aquellas porciones del programa, tales como noticias, intervalos, etc., destinadas a algunos clientes y no a otros. La unidad ilustrada en la figura 308 también contiene un control

de volumen, una llave de encendido y controles de bajos y altos (estos dos últimos controles no aparecen en la foto).

Aunque el múltiplex se utiliza ahora exclusivamente para la venta de música y otro material de programa en el subcanal, la técnica y el desarrollo práctico de este método puede considerarse como un preludio para su uso en el hogar. Con el creciente interés por el estéreo y la demanda de programas estereofónicos, debida en gran parte a la difusión de los discos y cintas estereofónicas, se manifestarán factores conducentes a la adopción del múltiplex para las emisiones de ese tipo. El empleo del subcanal para la radiodifusión al público no representará necesariamente una carga financiera para la emisora; entre otras cosas, el múltiplex podría ofrecerse sobre la base de una suscripción. Por otra parte, es posible que una estación de MF múltiplex difunda no solamente uno sino dos subcanales, pudiendo destinarse uno de ellos al uso público (sería el servicio público que habilita a una estación de broadcasting para obtener su licencia) y el otro para servir a clientes comerciales, tales como restaurantes, etc., que pagan por su música.

Múltiplex por suscripción.

Debido al costo que demandaría establecer las trasmisiones de múltiplex, se ha sugerido que el subcanal podría ofrecerse al público sobre la base de una suscripción; (una propuesta en tal sentido ha sido presentada por la Multiplex Services Corp. en los EE. UU.).

La figura 309 es un dibujo del posible adaptador Multicast que podría agregar el oyente familiar a su sintonizador de MF; este último necesitaría un jack de salida preparado para el uso de múltiplex el que estaría conectado a la señal de audio antes del de-énfasis de agudos. En la parte inferior del adaptador hay cinco pulsadores: "programa de canal principal", "programa estereofónico", "música de subcanal solamente", "música, noticias, intervalos de subcanal" y "noticias e intervalos de subcanal solamente". Para escuchar el programa de que se dispone normalmente con un sintonizador convencional, el oyente deberá presionar el botón 1; para un programa especial sin anuncios comerciales, servido solamente en el subcanal, apretará el botón 3; si hubiera un programa de estéreo en el aire y deseara aprovecharlo, presionaría el botón 2 de modo que tanto el canal principal como el subcanal quedarían dispuestos para su utilización simultánea. Para las noticias e intervalos así como para el material especial de programa disponibles en el subcanal, accionaría el botón 4 y si hiciera lo propio con el 5, recibiría exclusivamente noticias a intervalos ya que el adaptador se vería silenciado el resto del tiempo por las señales de control trasmitidas desde la estación.

El adaptador especial podría operar mediante una tarjeta de control también indicada en la figura 309; esta tarjeta cubriría un período de una semana y se vendería al oyente en forma mensual, anual, etc. Para que el adaptador pueda funcionar, deberá

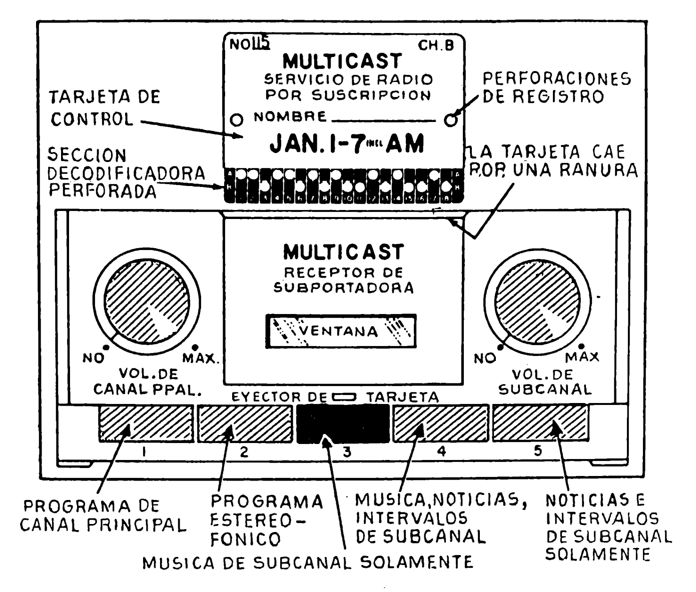


Fig. 309. *Adaptador de múltiplex propuesto por la Multiplex Services Corp.*

insertarse la tarjeta de control adquirida por el suscriptor, la que contiene perforaciones adecuadas para permitir que aquél trabaje correctamente.

Para impedir el uso desautorizado del material de programa trasmitido en el subcanal, la estación emitiría una señal de "interferencia" en el mismo que podría tomar la forma de un sonido desagradable tal como un chillido o un aullido. El propósito de la tarjeta de control vendida al suscriptor, sería el de suprimir la señal de interferencia para lo cual, el trasmisor emitiría en el subcanal una serie de pulsos en código con frecuencias ultrasónicas y la tarjeta establecería en el adaptador las conexiones que le permitieran recibir estos pulsos. El código y las correspondientes perforaciones en la tarjeta se modificarían cada semana.

Detrás del plan de suscripción, está la idea de que los ingresos capacitarían a las estaciones de MF para proporcionar lo mejor en estéreo, caracterizándose por cintas, discos y programas vivos de alta calidad. El costo de difundir un concierto sinfónico vivo no es poco y un plan de suscripción para la irradiación de estéreo

haría económicamente posible llevar al audiófilo el ideal de una reproducción completamente realística.

Matrizado — sistema múltiplex de Crosby.

Cuando se difunde estéreo con MF-MA, a fin de preservar la calidad de la señal en cada una de las emisoras, es necesario impedir una excesiva separación de los micrófonos para que ni uno ni el otro deje de captar una apreciable porción del sonido; esta observación también se aplica al estéreo en MF-MF y al sistema Halstead. Dicho de otro modo, si la distancia entre los micrófonos es apropiada para la difusión de estéreo en múltiplex, la persona que escuchara en un equipo monofónico (canal principal solamente)

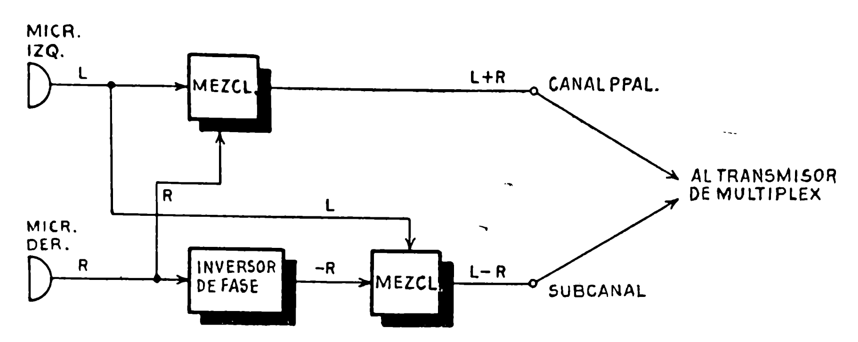


Fig. 310. *"Matrizado" de las señales de estéreo para la difusión de multiplex (sistema Crosby).*

recibiría sólo una parte del sonido. El sistema Crosby ilustrado en la figura 310 resuelve este problema.

Las señales de audio de los canales L y R, captadas por los respectivos micrófonos, se suman para producir una señal compuesta, L + R, que contiene todo el sonido; esta señal L + R se irradia por el canal principal. Luego, una de las señales, por ejemplo la señal R, se somete a una inversión de fase de 180°, es decir, en un instante dado en que la señal R original sea positiva, la que ha sufrido la inversión de fase será negativa, etc. La señal invertida de fase se la llama — R y cuando se la suma a la señal L, el resultado será L — R, o sea la diferencia entre las dos señales (señal diferencia) que se difunde por el subcanal.

En la parte receptora, el oyente captará la señal L + R en su sintonizador convencional de MF y recibirá todo el material de programa, aún cuando los micrófonos estuvieran distanciados considerablemente. El adaptador de múltiplex cederá la señal L — R para las aplicaciones estereofónicas. Luego, un circuito especial de "matrizado" —o combinación— efectúa las siguientes operaciones, según se indica

en la figura 311: 1) las señales L + R y L — R se suman para producir una señal 2L; 2) la señal L — R sufre una inversión de 180° transformándose en R — L y esta última se suma con L + R dando por resultado una señal 2R.

En esta forma, la red de matrizado logra la separación de las señales L y R disponiéndose de cada una de ellas a la salida del adaptador de múltiplex.

Además de ofrecer al oyente monofónico la señal completa de audio, el sistema Crosby, según se ha indicado, resuelve otro proble-

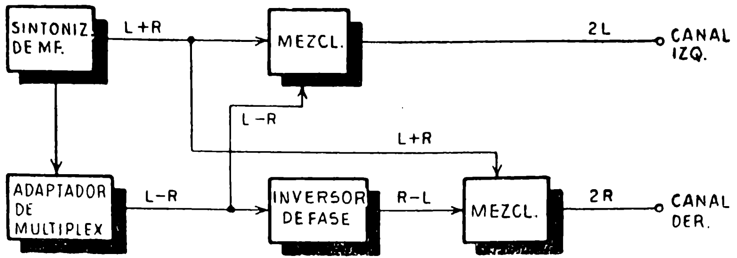


Fig. 311. *Red de matrizado para combinar las señales L + R y L — R a fin de obtener separadamente las señales de audio izquierda y derecha (sistema Crosby).*

ma: la trasmisión de un segundo subcanal para fines comerciales (venta de música funcional, etc.) sin afectar sensiblemente la calidad del primer subcanal destinado a las aplicaciones estereofónicas. Cuando se trasmiten dos subcanales (como complemento del canal principal) la respuesta de frecuencias de cada uno de ellos está limitada a alrededor de 8.000 ciclos. Con el sistema Halstead, la respuesta de frecuencias del canal principal de estéreo sería de 15.000 ciclos mientras que la del subcanal alcanzaría sólo a 8.000 ciclos. Se ha señalado que la diferencia de calidad resultante entre los sonidos emanados de los parlantes izquierdo y derecho, deterioraría el efecto estereofónico.

En cambio, con el sistema Crosby, no hay señal L o R que sea limitada en la respuesta de frecuencias; la limitación afectaría la señal L — R trasmitida en el subcanal y por lo tanto, los sonidos de los parlantes izquierdo y derecho resultarían igualmente perjudicados. Se sostiene que una pérdida simétrica de calidad es mucho menos factible de ser advertida. Por otra parte, la pérdida es de tal naturaleza que las frecuencias por encima de 8.000 ciclos producen virtualmente el mismo sonido en ambos parlantes y como se recordará del desarrollo del capítulo 2, varios investigadores creen que las frecuencias superiores a 8.000 ciclos contribuyen poco o acaso nada, al efecto estereofónico. De aquí que no tenga importancia la separación estereofónica más allá de los 8.000 ciclos, lo que se aviene con lo propuesto por el método Crosby.

El método Becker.

En contraste con la solución de Crosby para el problema de ofrecer al oyente monofónico el sonido total sin tomar en cuenta el apartamiento de los micrófonos, se ha propuesto otro método de ataque aplicable a la difusión de estéreo por medio del sistema múltiplex de Halstead, del MF-MA o del MF-MF. El método se ilustra

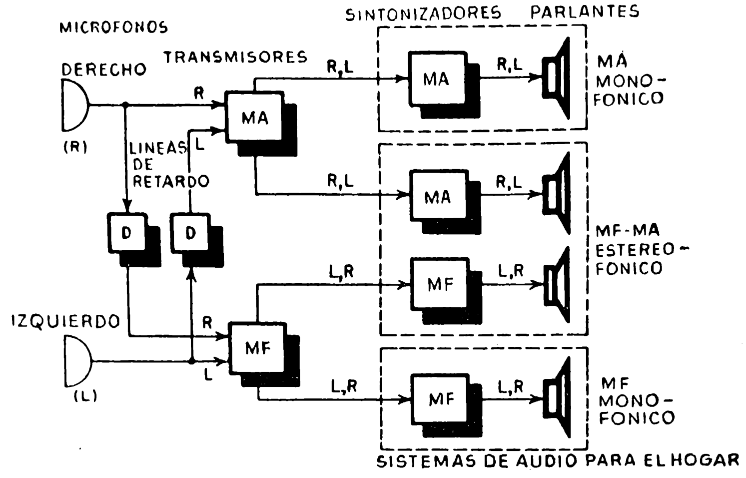


Fig. 312. *Método Becker de estereodifusión en MF-MA (aplicable también al sistema MF-MF y al multiplex de Halstead).*

en la figura 312 en relación con el sistema MF-MA de estereodifusión, como fuera presentado por el inventor [4].

El micrófono L suministra una señal para el trasmisor de MF, en tanto que el micrófono R entrega una señal R para el trasmisor de MA; este último se alimenta también con la señal L a través de una línea de retardo, haciendo que el oyente de estéreo escuche la señal L desde el parlante derecho varios milisegundos después de que la reciba desde el izquierdo. No obstante, según señala el inventor, cuando dos sonidos idénticos se escuchan en rápida sucesión el primero de ellos determina la dirección aparente; por lo tanto, el oyente atribuirá la señal L a una fuente situada a la izquierda aún cuando aquella se emita desde ambos parlantes. Del mismo modo, la señal R se inyecta al trasmisor de MF por intermedio de una línea de retardo, por lo cual el oyente la recibirá desde el parlante izquierdo algunos milisegundos después que desde el derecho, de suerte que dicha señal procederá, en apariencia, desde la derecha.

Ahora consideremos el oyente monofónico; si está recibiendo MF, escuchará las señales captadas por los micrófonos L y R, si bien

[4] Lloyd K. Becker, Patente N° 2.819.342 asignada a la Bell Telephone Labs, Inc.

la señal R afectada de un ligero retardo que, sostiene el inventor, es insignificante. Si recibe MA, tendrá igualmente ambas señales con un ligero aunque inapreciable retardo en una de ellas.

El método de la figura 312 podría aplicarse a la técnica múltiplex de Halstead según se ilustra en la figura 313; el micrófono L alimenta el canal principal del trasmisor de múltiplex mientras que el micrófono R hace lo propio con el subcanal. La señal R se inyecta también al canal principal a través de una línea de retardo, permitiendo al oyente monofónico (del canal principal) escuchar el sonido completo y para asegurar la simetría del sonido en ambos

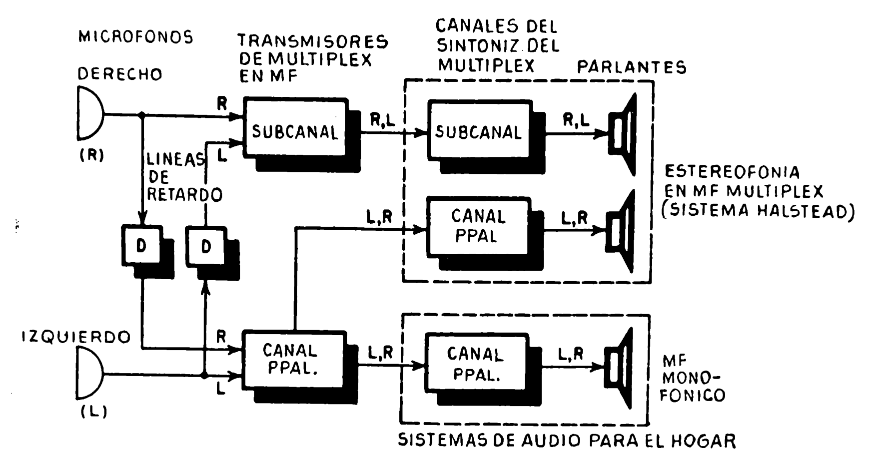


Fig. 313. *Aplicación del método Becker al multiplex en MF bajo el sistema Halstead.*

parlantes, la señal L se lleva por medio de una línea de retardo al subcanal.

El método Becker trae aparejada la cuestión del efecto de reverberación, debida a la producción de un mismo sonido por dos parlantes en instantes ligeramente diferentes; el tiempo de retardo óptimo, de acuerdo con el inventor, es del orden de 5 a 30 milisegundos. Un retardo aproximado a 30 milisegundos podría determinar un efecto sustancial de reverberación que no resulta necesariamente desagradable si la música es acústicamente "seca" (escasa de reverberación). Sin embargo, un retardo cercano a 5 milisegundos produciría la reverberación agregada a proporciones insignificantes y aún así permitiría el correcto funcionamiento del sistema Becker.

Estéreo en MA.

A fines de 1958, la RCA anunció el desarrollo de una técnica de difusión de estéreo totalmente en MA, empleando sólo una estación de broadcasting y un sintonizador en MA. En aquel entonces, se

consideraba que la nueva técnica —aún en etapa experimental— distaba de estar lista para la aplicación comercial.

La señal irradiada por una emisora de MA consiste de la frecuencia de la portadora (550 a 1.600 Kc/s), acompañada por frecuencias cercanas resultantes de la modulación de aquélla por la señal de audio. En el caso de las estaciones convencionales de MA, estas frecuencias adyacentes, llamadas bandas laterales, caen simétricamente por arriba y por debajo de la frecuencia de portadora; cada banda lateral es una imagen especular de la otra.

Pero en el caso del estéreo, se utiliza un trasmisor especial que permite representar con una banda lateral el canal izquierdo y con la otra, el canal derecho; un sintonizador especial separa las dos bandas laterales y extrae de cada una de ellas, la señal izquierda o la derecha. El estéreo en MA es compatible en el sentido de que un sintonizador convencional de MA recibirá y detectará cualquiera de las bandas laterales, proveyendo al oyente la información completa de audio en la modalidad monofónica.

Si bien el estéreo en MA puede aportar resultados superiores comparado con la MA monofónica, denota aún los defectos actuales de la MA en comparación con la MF — rango de frecuencias limitado, ruido, susceptibilidad e interferencia de otras estaciones y mayor irregularidad de la recepción (fading, etc.).

A principios de 1959 fué propuesto otro sistema de estéreo en MA por la Philco Corp.; este método hace uso de una combinación de la modulación de amplitud y de fase (que es análoga a la de frecuencia). También utiliza el principio de las frecuencias suma y diferencia. La señal L + R sería trasmitida con la modulación de amplitud convencional y de allí que el sistema sería compatible para los receptores de MA existentes que podrían detectar toda la información de audio. La señal L — R se trasmitiría por medio de la modulación de fase. Un receptor especial detectaría las señales L + R y L — R combinándolas luego en la forma requerida para obtener las señales L y R separadas.

Otros sistemas de estéreo.

El estéreo, tal como se lo tiene en grabaciones, es un hecho consumado; su radiodifusión, en cambio, es el tema más movido en el marco de la estereofonía. Aún mientras se estaba preparando este libro, fueron propuestos varios nuevos sistemas que se agregan a la técnica RCA, de MA solamente, y a la de Philco consistente en la modulación de fase y de amplitud en una estación de MA.

La Motorola Inc. y la estación WGN-TV de Chicago, presentaron en conjunto la demostración de un sistema propuesto para la

estereofonía en TV, utilizando las actuales normas de TV pero con el agregado de una subportadora de sonido en múltiplex. El sistema es compatible, monofónico-estereofónico, y tiene una etapa de matrizado que dirige los sonidos a los canales de amplificación de audio apropiados; el ancho de banda de la subportadora es de 5 Kc/s.

La Calbest Electronics Co. de Los Ángeles, comunicó el desarrollo de un sistema compatible de estéreo en MF que hace uso de una

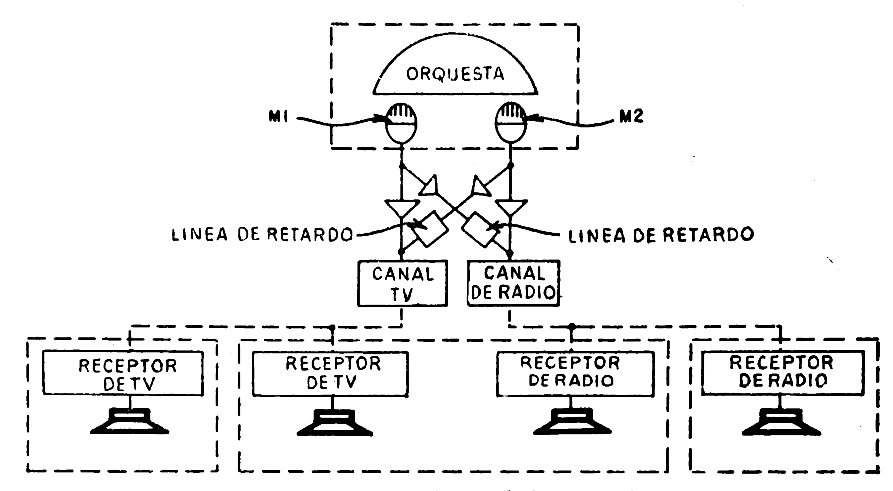


Fig. 314. *Sistema estereofónico de la Bell Telephone.*

subportadora de múltiplex de "banda angosta" lo que posibilita el empleo de dos subportadoras, como complemento de la portadora principal, en un sólo canal de MF (la segunda destinada a aplicaciones subsidiarias como la de música monofónica irradiada para tiendas y fábricas). La técnica Calbest utiliza un método de suma y diferencia, con un punto de cruce a 3.500 ciclos, siendo idénticas las salidas de ambos canales en frecuencias por encima de ésta.

Dos métodos de estereofonía en MA fueron propuestos casi simultáneamente por la Bell Telephone y la Westinghouse. El sistema Bell está dirigido a la trasmisión con dos estaciones (por ejemplo, un canal a través de un receptor de televisión y el otro por medio de un receptor de MA o MF). El de la Westinghouse es un sistema de múltiplex, trasmitiéndose ambos canales en la misma frecuencia de MA; puede recibirse con dos receptores ordinarios de broadcasting. Ambos son completamente compatibles con la recepción monofónica.

En el sistema Westinghouse, basado en una patente con 30 años de antigüedad perteneciente al Dr. Frank Conrad, la portadora de la banda de broadcasting se modula en amplitud con la suma de los

canales derecho e izquierdo y en frecuencia, con la diferencia de esos mismos canales. Se utiliza banda estrecha y la información estereofónica se trasmite en la banda de 300 a 3.000 ciclos.

En el receptor, las señales de MA y MF son detectadas y matrizadas para dar las salidas L y R; puede lograrse una calidad razonablemente buena con dos receptores ordinarios de MA, sintonizando uno de ellos ligeramente por encima de la frecuencia de la señal y el otro ligeramente por debajo de la misma. La señal de MA es idéntica en los dos receptores pero estando ambos sintonizados a cada lado de la trasmisión en MF, se comportan en forma parecida a un discriminador Travis, con el resultado de que la señal de audio en MF en cada uno de ellos, aparece con fase opuesta. En consecuencia, puede decirse que un receptor está captando MA + MF y el otro MA — MF. Dado que la MA representa la suma de los dos canales y la MF su diferencia, esto conduce a L + R (L — R) y L +R (L — R), o sea los canales izquierdo y derecho.

Puesto que el sistema Bell está basado en la trasmisión por medio de una estación de MA y una de MF, o una de radio y una de TV, no se trata de un sistema múltiplex y no requiere autorización de la FCC. En cada canal se inyecta la señal de ambos micrófonos, pero se retarda la del derecho alrededor de 10 milisegundos antes de introducirla en el canal izquierdo y recíprocamente. Con un sólo receptor, los dos canales se combinan dando una perfecta recepción monofónica; con dos, el oído localiza el sonido como proviniendo del parlante que lo reproduce en primer término (como resultado de un largo entrenamiento, el oído ha aprendido a distinguir la fuente de sonido de los ecos y las reverberaciones). En la práctica, se obtiene un verdadero efecto estereofónico.

Se ha propuesto aún otra técnica, conocida como sistema de radio Percival Stereo. En este sistema se trasmite sólo una señal de audio compatible pero como agregado, se trasmite la información relativa a la dirección en una subportadora, con un ancho de banda de 100 c/s y una potencia efectiva mucho menor que la de la información de audio. El funcionamiento del sistema se basa en separar de las señales normales, izquierda y derecha, de estéreo, la información referente a la dirección por medio de un codificador, combinar luego las señales izquierda y derecha para formar una simple señal de audio y reinsertar la información sobre dirección en el receptor por medio de un decodificador.

capítulo 4

el estéreo en discos

En virtud de la conveniencia, costo relativamente bajo y popularidad de la grabación fonográfica como medio para la reproducción de audio, el estéreo en amplia escala debió esperar el desarrollo del disco estereofónico. Anunciados al público por primera vez en 1957, los discos estereofónicos junto con el equipo de reproducción requerido quedaron a disposición del mercado en 1958, un intervalo singularmente corto entre la promesa y el cumplimiento.

Si bien se han propuesto o ensayado una cantidad de métodos adecuados para inscribir dos canales de audio en una grabación fonográfica, la RIAA (Record Industry Association of America) ha normalizado el sistema desarrollado por la Westrex Corp., conocido también como sistema 45/45. Como puede verse en la figura 401, el surco de grabación tiene forma de V; cuando lleva la información de estéreo, una de las paredes del surco contiene la señal de audio del canal izquierdo mientras que la otra pared contiene la del derecho. Cada una de las paredes forma un ángulo de 45° con respecto a la horizontal y puesto que la información de estéreo está inscripta en aquéllas, se ha aplicado al sistema la denominación 45/45.

La elección del método Westrex no se fundamentó en la consideración de que fuera el mejor de todos los sistemas posibles; en realidad, en la época en que fué adoptado demostró ser práctico y tan bueno como cualquiera de los entonces disponibles. Por lo tanto, resultó ser la elección lógica para satisfacer la demanda por grabaciones fonográficas estereofónicas. Hubiera sido poco práctico, antieconómico y motivo de confusión que cada compañía grabadora decidiera por su cuenta el sistema a utilizar; la situación hubiese resultado mucho más grave que la existente en el período anterior a 1954, cuando varias compañías utilizaban diferentes características de ecualización de modo que el usuario se veía enfrentado con el problema de obtener equipos que pudieran ecualizar cualquiera de una docena o más de características.

Pero el estéreo está aún en un período formativo y resultaría imprudente descartar los sistemas distintos del Westrex simplemente

por consideraciones históricas o académicas; algunos de los otros sistemas incorporan principios de indudable valor. En la historia de la electrónica, muchos de los progresos se han logrado retornando a las ideas antiguas pero básicas. Toda vez que los métodos restantes exhiben cualidades meritorias, es muy posible que los desarrollos futuros se apropien de ellas y el sistema Westrex podría, por este conducto, ser superado. A título comparativo, recuérdese que las grabaciones de 78 RPM fueron reemplazadas por los discos de 33⅓ y 45 RPM con una más alta calidad de reproducción y que la MF probó ser un método muy superior al de la radiodifusión con MA.

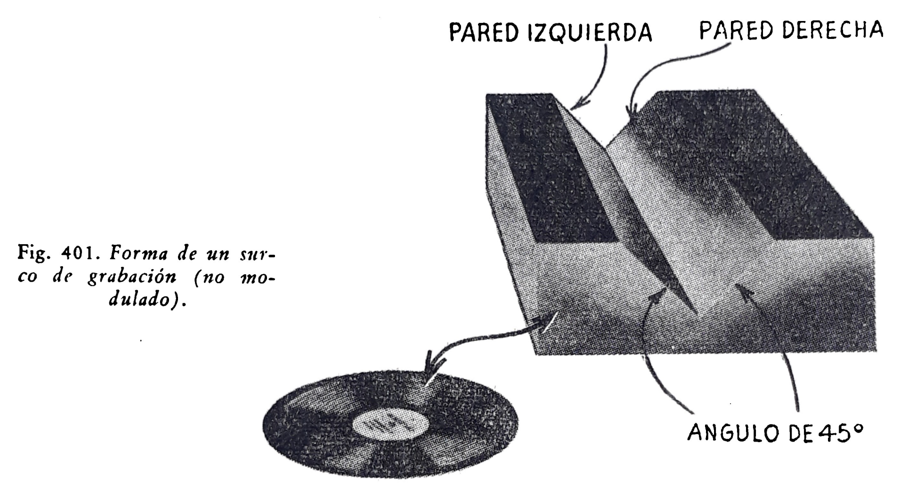


Fig. 401. *Forma de un surco de grabación (no modulado).*

En cuanto a las perspectivas futuras, clasificaremos los diferentes métodos de introducir la información estereofónica en un surco de grabación:

1. *Grabaciones de doble surco*: Se graban dos surcos, una para el canal izquierdo y otro para el derecho. Uno de los métodos utiliza el diámetro exterior del disco para grabar un canal y el interior para el otro. Otra técnica recurre a grabar los dos surcos en las caras opuestas de un disco. En todos los casos se requieren cabezas reproductoras duales y correctamente coordinadas.

2. *Grabaciones de surco único en dos dimensiones*: La información para ambos canales se graba en un surco de modo que la púa del fonocaptor se ve obligada a moverse en dos dimensiones; es decir, verticalmente y al mismo tiempo lateralmente. Las técnicas del movimiento vertical-lateral fueron materializadas en los sistemas británicos (EMI, Sugden y London), Westrex y CBS (Columbia Broadcasting System) Laboratories.

3. *Grabaciones de surco único en una dimensión*: En este caso,

el surco obliga a la púa reproductora a moverse sólo lateralmente, como ocurre en las grabaciones monofónicas. Como vehículo para el segundo canal se emplea una frecuencia portadora. El disco estereofónico Minter, por ejemplo, se basa en este principio.

Antecedentes históricos.

La EMI en Inglaterra efectuó experiencias con un disco estereofónico ya en 1931 y uno de sus ingenieros obtuvo en 1933 la patente de un sistema vertical-lateral; en el mismo año se llamó la atención sobre las posibilidades del sistema 45/45. También a principios de 1930, los Laboratorios Bell llevaron a cabo experimentos sobre la misma línea y a dos de sus ingenieros se les otorgó una patente en 1938, luego de haber producido con éxito un disco estereofónico en 1936. El advenimiento de la segunda guerra mundial difirió la investigación sobre discos de estéreo hasta después de 1945.

El primer disco estereofónico puesto a disposición del público fué el de Emory Cook (Cook Records); empleaba dos surcos, uno

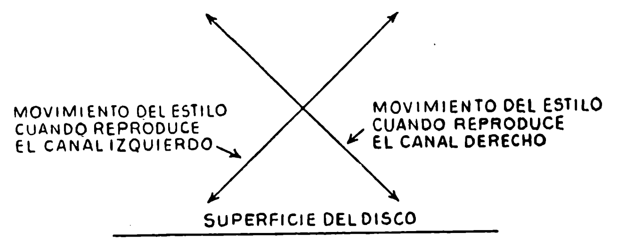


Fig. 402. *Dirección del movimiento del estilo cuando se reproducen los canales del surco estereofónico Westrex.*

inscripto hacia el borde exterior del disco y el otro hacia el centro; el disco apareció en 1952. Mientras tanto, en Inglaterra, la EMI renovó sus investigaciones y otras dos compañías, Sugden y London (conocida en Inglaterra como Decca) se interesaron en el problema. En los Estados Unidos, la Westrex Corp., entonces afiliada a la Bell Telephone Laboratorios, comenzó sus experiencias. En 1957, Sugden, London y Westrex, anunciaron y expusieron sus sistemas de aplicación; los de Sugden y London corresponden a las técnicas vertical-lateral. El movimiento del estilo sobre la superficie del disco en dirección horizontal, permite la reproducción de uno de los canales mientras que el movimiento en sentido vertical, sirve para reproducir el otro canal. El sistema Westrex da a la técnica vertical-lateral, por decirlo así, una rotación de 45°, moviéndose el estilo en un ángulo de 45° con respecto al disco para reproducir un canal en una de las direcciones y el segundo canal en la otra (fig. 402).

Cómo funciona el sistema Westrex.

Como base para el estudio de la inscripción y reproducción de un surco de grabación con el método Westrex, pasemos revista a la

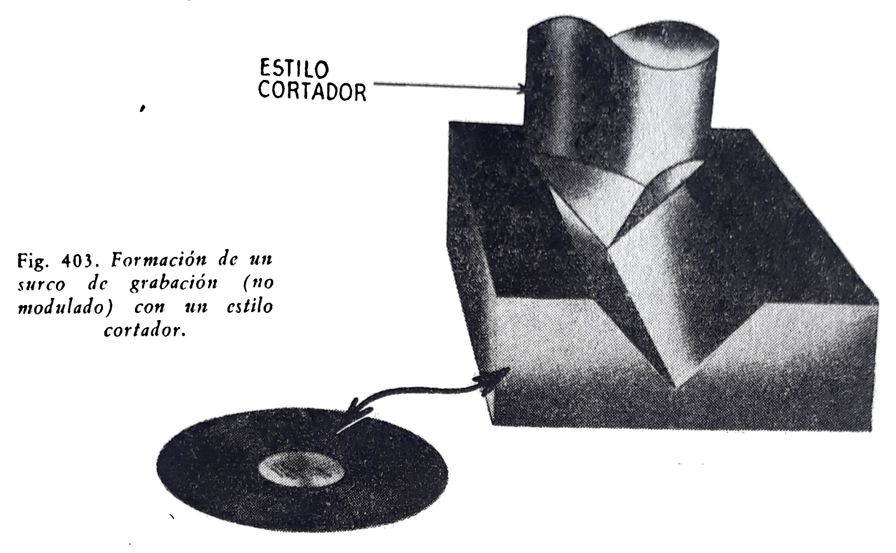


Fig. 403. *Formación de un surco de grabación (no modulado) con un estilo cortador.*

naturaleza de un surco monofónico y al movimiento que siguen en el mismo el estilo grabador y el reproductor. El surco se corta con un estilo cuneiforme que literalmente labra una trayectoria sobre el

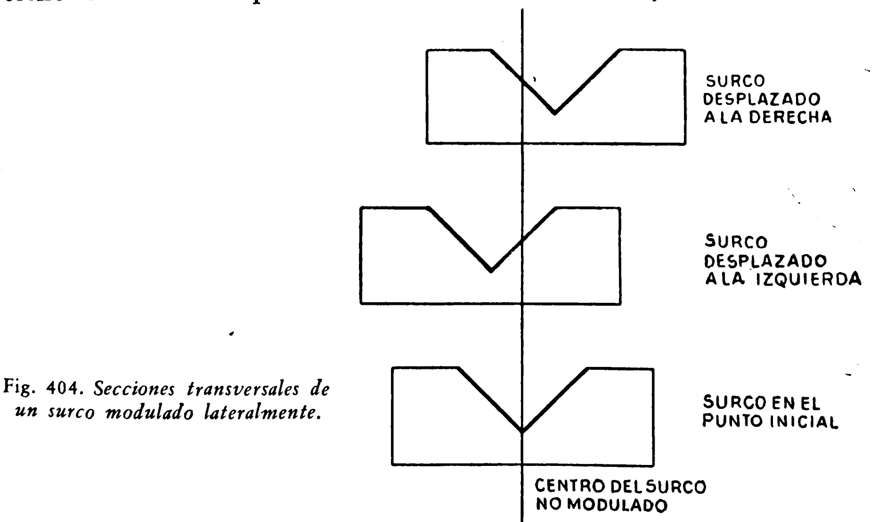


Fig. 404. *Secciones transversales de un surco modulado lateralmente.*

material del disco; la que se muestra en la figura 403, es una trayectoria recta, lo que significa la ausencia de señal de audio.

Cuando se aplica una señal al mecanismo que excita el estilo cortador, éste se mueve de uno a otro lado en correspondencia con la señal. La figura 404 ilustra la sección transversal de un surco grabado y la forma en que se mueve el estilo a la izquierda y a la

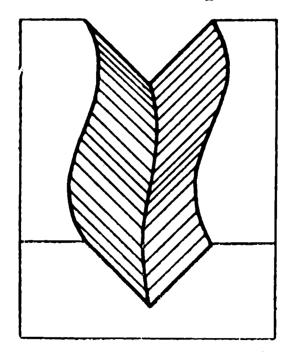


Fig. 405. *Un surco de grabación modulado lateralmente.*

derecha de la posición central, respondiendo a las variaciones de la señal. La figura 405 es una vista tridimensional del surco luego de haber sido cortado por un estilo de movimiento lateral. Las figuras 404 y 405 ponen claramente en evidencia que un estilo reproductor,

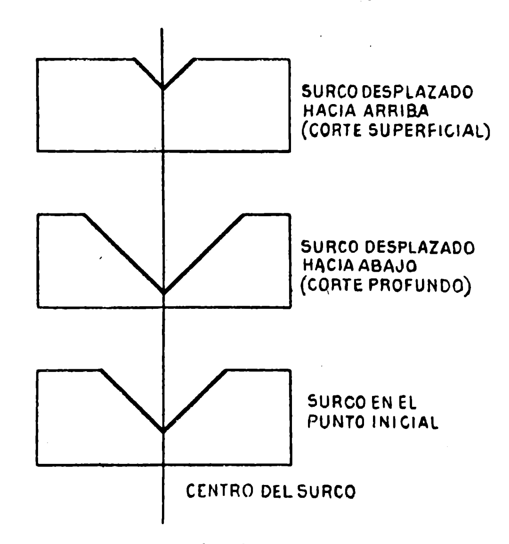


Fig. 406. *Secciones transversales de un surco modulado verticalmente.*

apoyado en un surco como éste, se moverá lateralmente en concordancia con el mismo, haciendo que el elemento transductor del fonocaptor (que convierte los movimientos mecánicos en señales eléctricas) produzca una tensión en correspondencia con las ondulaciones del surco. La pieza a la cual va adosado el estilo, podría bien

ejercer presión sobre un elemento piezoeléctrico o bien moverse a través de un campo magnético generando de este modo una tensión.

En el pasado, algunos surcos se grababan verticalmente lo que obligaba al estilo reproductor a moverse hacia arriba y hacia abajo, desarrollando de esta manera una tensión de señal. La figura 406 muestra una sección transversal de un surco cortado verticalmente y la figura 407 es una vista tridimensional del mismo. La figura 407 puede interpretarse como que las paredes del surco se aproximan y se alejan alternativamente una de otra; cuando aumenta la distancia

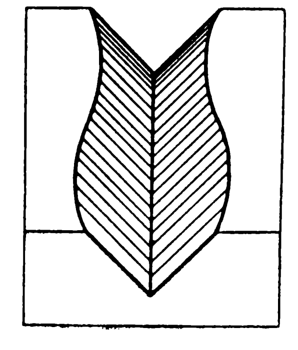


Fig. 407. *Un surco de grabación modulado verticalmente.*

entre las paredes, la púa reproductora se hunde en el surco y cuando esa distancia se reduce, el estilo es impulsado o comprimido hacia arriba.

El sistema Westrex, cuando reproduce *uno* de los canales, no conduce el estilo reproductor en sentido lateral o vertical, sino que lo hace en un ángulo de 45° (fig. 402); si el estilo reproduce sólo el canal izquierdo, se mueve desde abajo a la izquierda hacia arriba a la derecha.

Considerando por el momento un sólo canal, ¿cómo se corta el surco para hacer que la púa reproductora se mueva en un ángulo de 45°? La figura 408 presenta la sección transversal de un surco cortado de esta manera; la figura 408-a muestra el punto de partida, es decir, la forma en que se graba el surco sin señal aplicada al estilo cortador. La figura 408-b indica que la pared izquierda se ha engrosado en la magnitud representada por el área sombreada, debido a que el estilo grabador se ha movido a 45° hacia la parte superior derecha. En la figura 408-c tenemos la situación opuesta, parte de la pared izquierda se ha socavado en razón de que el estilo se desplazó a 45° hacia la parte inferior izquierda. Así, a medida que la pared izquierda se engrosa y se afirma alternativamente, la púa reproductora se ve forzada a moverse hacia arriba y hacia abajo a lo largo de la pared derecha,

Mirando un disco de frente en la posición de reproducción, la modulación de la pared izquierda representa la señal del canal izquierdo y la de la derecha, la del canal derecho, de acuerdo con las normas de la RIAA.

La figura 409 es una vista tridimensional de un surco estereofónico que sólo contiene modulación en el canal izquierdo, mientras

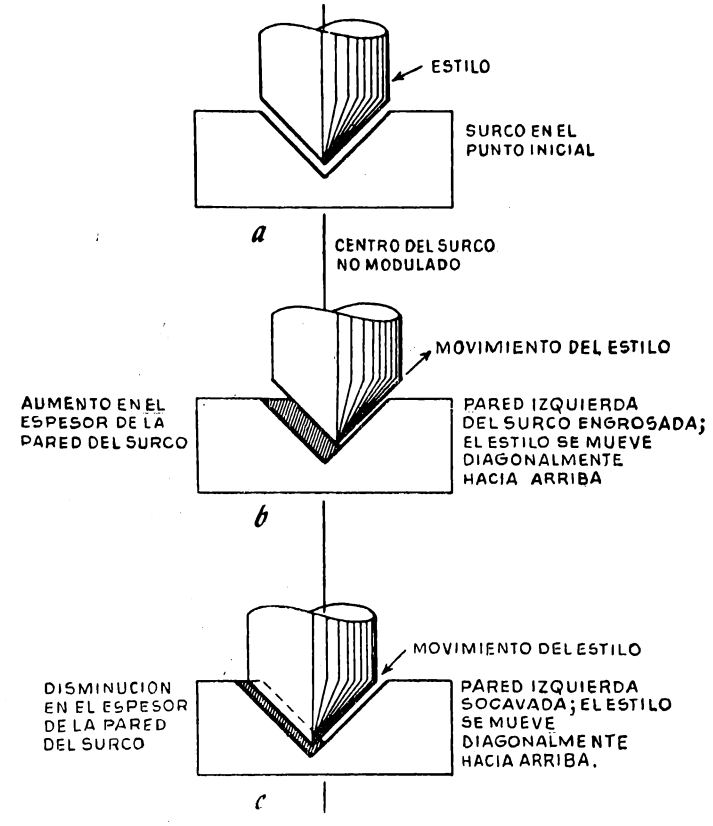


Fig. 408. *Secciones transversales de un surco de grabación a 45° conteniendo modulación sólo en el canal izquierdo.*

que la figura 410 representa un surco de estéreo que contiene modulación solamente en el canal derecho. Las sucesivas contracciones y ensanchamientos de la pared izquierda en un caso y de la derecha en el otro, hace que el estilo reproductor se mueva hacia arriba y hacia abajo en un ángulo de 45°, bien desde la parte inferior izquierda a la superior derecha, o bien desde la parte inferior derecha a la superior izquierda (fig. 402). La figura 411 es una fotografía real, sumamente magnificada, de surcos estereofónicos que contienen modulación para

un sólo canal; los surcos de la izquierda están modulados con señal del canal izquierdo únicamente, en tanto que los de la derecha lo están sólo con la señal del canal derecho. Las variaciones en la sombra

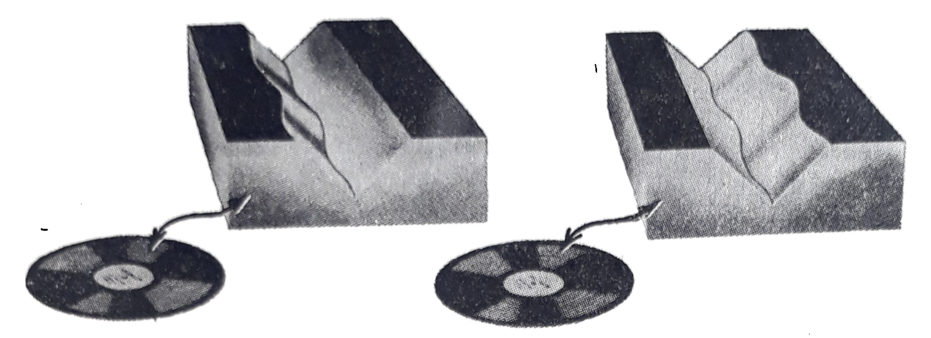


Fig. 409. *Un surco estereofónico conteniendo modulación sólo en el canal izquierdo.*

Fig. 410. *Un surco estereofónico conteniendo modulación sólo en el canal derecho.*

de la fotografía (porciones de luz y sombra) corresponden a la componente vertical; la componente lateral se evidencia por las variaciones en el ancho del surco.

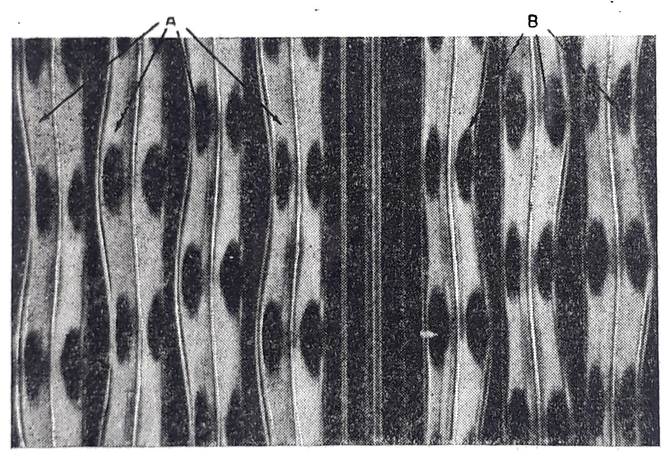


Fig. 411. *Vista magnificada de surcos estereofónicos que contienen información en un solo canal. En (A) está modulada la pared izquierda entregando la señal del canal izquierdo cuando se reproduce con una cápsula 45-45 (la pared derecha está lisa y no produce señal). En (B) está modulada la pared derecha reproduciendo la señal del canal derecho (la pared izquierda es llana y no entrega señal del canal izquierdo).*

En la práctica se graban dos canales en lugar de sólo el izquierdo o sólo el derecho. ¿Cómo es posible entonces que el estilo grabador o reproductor se mueva en dos direcciones al mismo tiempo, es decir, en las dos direcciones mostradas en la figura 402? La respuesta es que

no hace tal cosa; más bien se mueve de acuerdo con la *resultante neta* de las señales correspondientes a los dos canales. La figura 412 ayudará a comprender este efecto, en la 412-a se ven dos fuerzas, representadas por las flechas, tirando de un objeto indicado por un punto, que podría ser el estilo. Si las fuerzas L y R son iguales, el objeto se

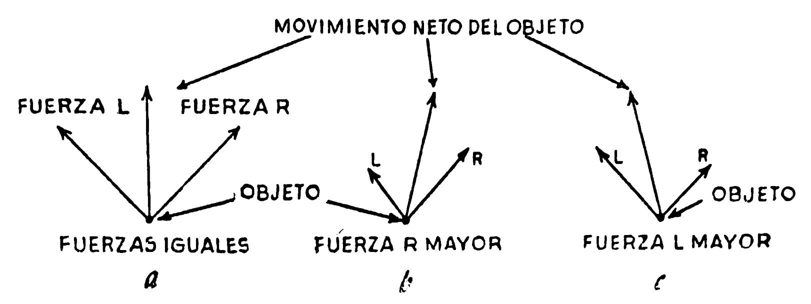


Fig. 412. *Resultado neto de dos fuerzas que actúan sobre un objeto.*

moverá en una trayectoria que forma ángulos idénticos con cada una de ellas; en la figura 412-a, es recta y orientada hacia arriba. Si las fuerzas son distintas, como en la figura 412-b, y es R la de mayor magnitud, el resultado final es que el objeto se mueve no hacia arriba sino en un ángulo con la vertical comprendido entre 0° (vertical) y 45°. La figura 412-c, ilustra el movimiento resultante del estilo cuando la mayor de las fuerzas es la izquierda.

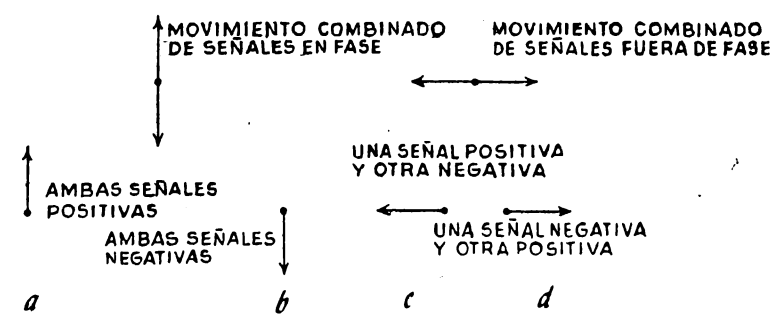


Fig. 413. *Movimiento del estilo cortador para varias combinaciones de señales iguales en cada canal (diferencia de fase entre 0° y 180°).*

Con el sistema Westrex, si el estilo cortador está influído por fuerzas iguales en cada canal, se moverá bien en línea recta hacia arriba o hacia abajo, bien en línea recta hacia la izquierda o hacia la derecha, dependiendo de la fase de la señal en cada canal es decir, de acuerdo a si la señal inyectada en cada sección de la cabeza grabadora está creciendo en sentido positivo o en sentido negativo, en un instante dado (figs. 413-a, b, c y d). Las dos señales pueden estar cre-

ciendo, ambas en sentido positivo, ambas en sentido negativo, una en sentido positivo y la otra en el negativo o bien una en el sentido negativo y la otra en el positivo.

Las figuras 414-a, b, c y d muestran el movimiento del estilo cortador en el caso de que la señal del canal L sea más intensa que la del canal R; como en la figura 413, se representan varias combinaciones de fase.

En tanto que las figuras 413 y 414 indican que el estilo cortador se mueve en línea recta y en un ángulo con la horizontal, en la reali-

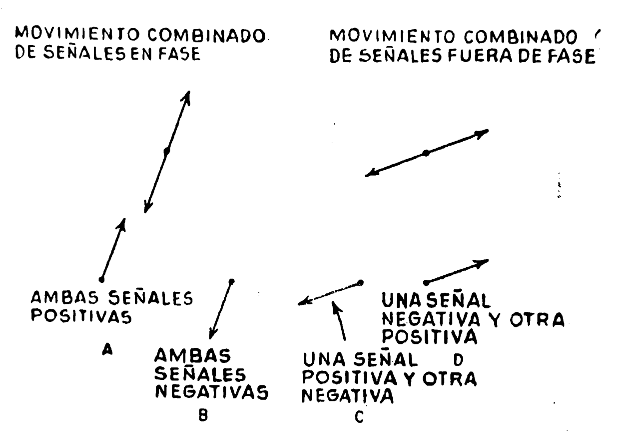


Fig. 414. *Movimiento del estilo cortador para varias combinaciones de señales en cada canal, siendo más intensa la del canal izquierdo (diferencia de fase entre 0° y 180°).*

dad aquél se mueve siguiendo una trayectoria más compleja, circular o elíptica. Las figuras 413 y 414 suponen que las señales L y R están una con otra exactamente en fase (diferencia de fase de 0°) o exactamente fuera de fase (diferencia de fase de 180°); sin embargo, la verdadera diferencia de fase depende de la técnica microfónica em-

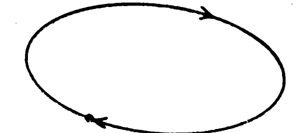


Fig. 415. *Movimiento del estilo cortador para señales iguales en cada canal pero con una diferencia de fase de 30°.*

pleada, pudiendo tener cualquier valor comprendido entre 0° y 180°. Así, la figura 415 muestra como dos señales con diferencias de fase de 30° harán que el estilo se mueva siguiendo una elipse durante la grabación.

El movimiento del estilo cortador, como resultante de las dos señales, produce el corte de un esquema correspondiente en las paredes del surco de grabación y este esquema es tal, que la pared izquierda

contiene la información del canal L y la derecha la del R. La figura 416 es una vista tridimensional de cómo podría aparecer un surco de estéreo y la figura 417 es una fotografía real de los surcos pertene-

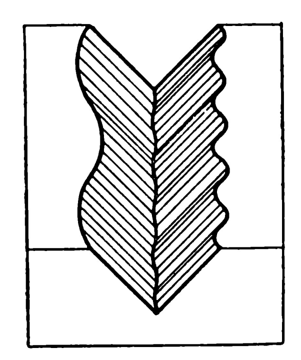


Fig. 416. *Un surco estereofónico con señales diferentes en cada canal o sea en cada pared.*

cientes a un disco grabado con el sistema Westrex. En la figura 418 puede verse una cabeza grabadora Westrex.

El estilo reproductor sigue el surco estereofónico y ahora el proceso se invierte; su movimiento es el resultante de las fuerzas ejer-

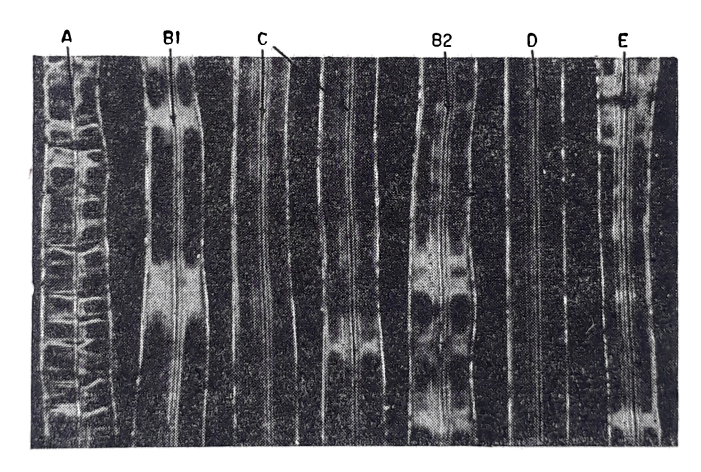


Fig. 417. *Vista magnificada de surcos estereofónicos. (A) Ambas paredes fuertemente moduladas con una señal de alto nivel. (B1 y B2) Ambas paredes moderadamente moduladas con una señal de nivel medio. (C) Ambas paredes ligeramente moduladas con una señal de bajo nivel. (D) Ninguna pared modulada correspondiendo a la condición de ausencia de señal. (E) Pared derecha con mayor modulación; hay más señal en el canal derecho.*

cidas por las dos paredes. Este movimiento afecta de diferente manera cada uno de los dos elementos transductores de la cabeza reproductora de estéreo, y de allí que cada elemento produzca una señal diferente.

Este proceso puede aclararse con una analogía mecánica (fig. 419) que en realidad, no es muy distinta a la forma en que funcionan algunos fonocaptores de estéreo. Los dos "pistones" están ligados al estilo como se ve en la figura; si el estilo se mueve hacia arriba o hacia abajo en línea recta (fig. 419-a), es obvio que ambos pistones se moverán hacia arriba o hacia abajo, al mismo tiempo y en la misma

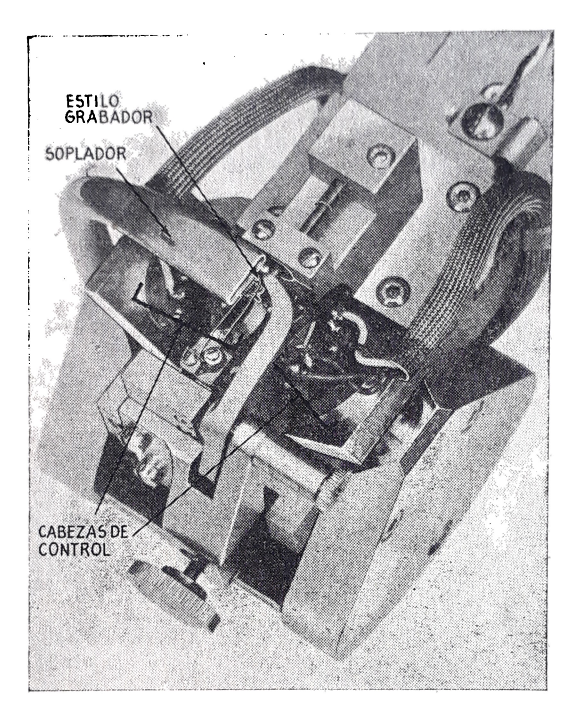
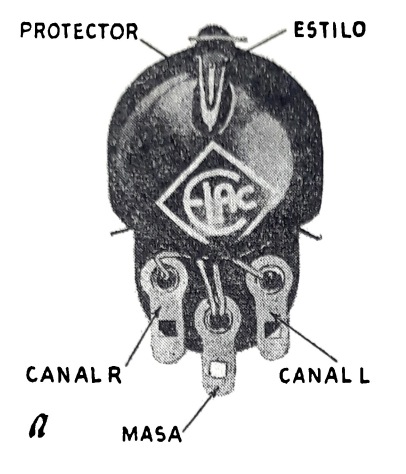
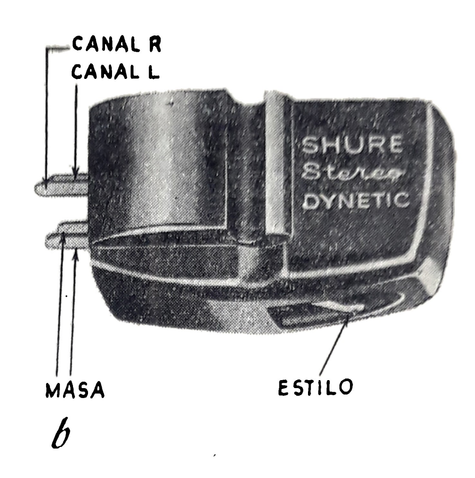


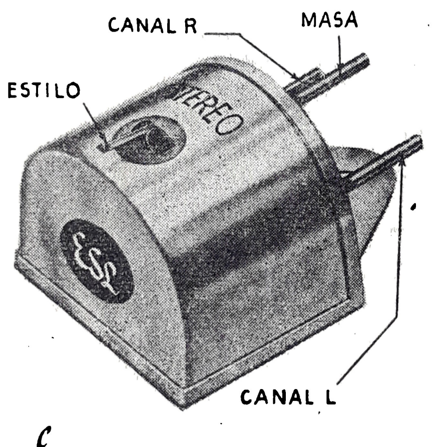
Fig. 418. *Fotografía de una cabeza grabadora Westrex.* (Cortesía de Westrex Corp.)

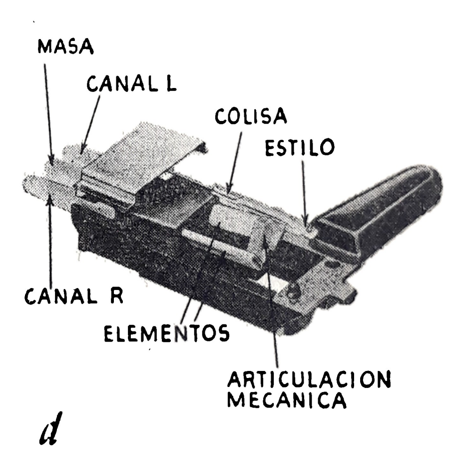
cantidad; pero si el estilo se mueve hacia la derecha (figura 419-b), uno de los pistones ascenderá mientras que el otro descenderá. Si el movimiento del estilo se verifica en un ángulo de, por ejemplo, 60° ambos pistones se desplazarán hacia arriba (fig. 419-c), pero el pistón de la derecha lo hará en mayor proporción que el de la izquierda. Es así como todo tipo de movimiento del estilo se resuelve en movimientos separados de cada pistón y en forma semejante, los desplazamientos del estilo reproductor se transforman por medio de cada elemento transductor, en las respectivas señales del canal L y del canal R.

La justificación de la analogía mecánica indicada en la figura 419 se muestra en la figura 420, que representa un esquema de una









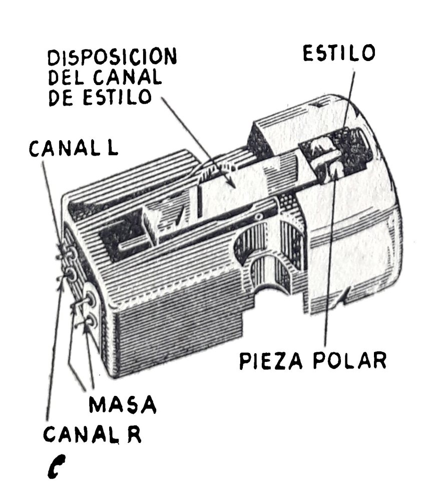


Fig. 422. *Cápsulas estereofónicas. (a) Audiogersh Corp., Stereotwin 200; (b) Shure Stereo Dynetic; (c) Electro-Sonic Laboratories, serie C100, electrodinámica Gyro/Jewel; (d) Electro-Voice, modelo 26DST; (e) General Electric, tipo magnético de reluctancia variable.*

MOVIMIENTO DEL PISTON

MOVIMIENTO DEL ESTILO

EL ESTILO SUBE Y BAJA;
LOS "PISTONES" SUBEN Y BAJAN
A DISTANCIAS IGUALES

a

MOVIMIENTO DEL ESTILO

EL ESTILO SE MUEVE
LATERALMENTE HACIA LA DERECHA;
UN "PISTON" SUBE Y EL OTRO BAJA

b

MOVIMIENTO DEL ESTILO

EL ESTILO SE MUEVE EN UN ANGULO DE 60°
CON LA HORIZONTAL; LOS "PISTONES"
SE MUEVEN HACIA ARRIBA, EL DERECHO
A MAYOR DISTANCIA

c

Fig. 419. *Analogía mecánica que muestra el efecto del movimiento del estilo sobre cada elemento transductor de una cápsula reproductora estereofónica 45-45.*

cápsula reproductora real. El movimiento del estilo se transfiere a los dos cristales por intermedio de los brazos de acoplamiento; estos cristales son dispositivos piezoeléctricos y a medida que se altera la pre-

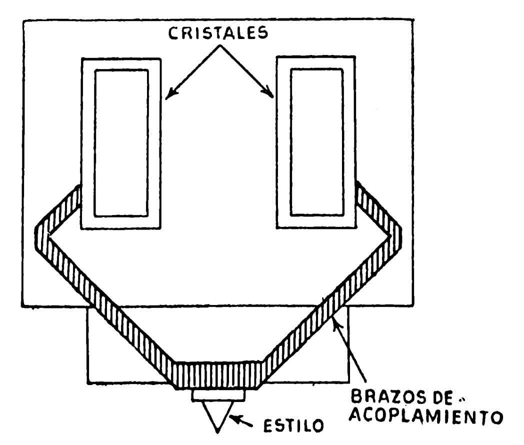


Fig. 420. *Vista interior de una cápsula reproductora estereofónica Ronette BF-40.* (Cortesía de Ronette Acoustical Corp.)

sión sobre cada uno de ellos por la acción de los brazos, se genera una correspondiente tensión. La figura 421 es una vista externa de la cáp-

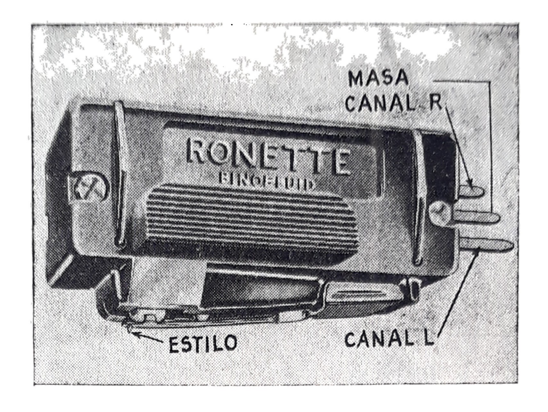


Fig. 421. *Vista exterior de la cápsula reproductora de la fig. 420.* (Cortesía de Ronette Acoustical Corp.)

sula reproductora diagramada en la figura 420. La figura 422 ilustra el aspecto de varios tipos de cápsulas estereofónicas.

Fase.

Volviendo al diagrama de la figura 419-b, puede advertirse que si durante la grabación, uno de los "pistones" empuja mientras el otro tira, el estilo se moverá lateralmente; esto nos lleva a la consideración de un punto de suma importancia: si en cada elemento transductor de la cabeza grabadora se presentan señales iguales pero de fase opuesta —una señal es positiva cuando la otra es negativa— el estilo traza un corte lateral. En cambio (ver fig. 419-a), si las dos señales están en fase, el estilo cortador inscribirá un surco modulado verticalmente.

Ordinariamente, las dos señales de estéreo se asemejan notoriamente una con otra puesto que al fin y al cabo emanan de una sola fuente (salvo algunas excepciones). Estas señales, particularmente en las frecuencias más bajas, suelen estar en fase cuando alcanzan cada micrófono y como resultado de la circunstancia de que llegan a los dos elementos transductores de la cabeza grabadora señales similares y en fase, el estilo tenderá a cortar un surco esencialmente vertical. Pero muchos de los problemas relativos a la distorsión y a la respuesta de frecuencias están asociados con la modulación vertical de un surco; en otras palabras, es conveniente disminuir al mínimo la magnitud de la excursión vertical.

Si se invierte de fase la señal de un canal, lo que puede lograrse con absoluta facilidad, por ejemplo invirtiendo los terminales de un canal

(fig. 423), entonces, las dos señales estarán prácticamente fuera de fase una con respecto a la otra dando por resultado un surco con modulación esencialmente lateral. La RIAA ha especificado que "señales iguales y en fase en los dos canales* determinarán la modulación lateral del surco". Resumiendo, aunque las señales originales tienden a estar en fase, los conductores de uno de los elementos de la cabeza

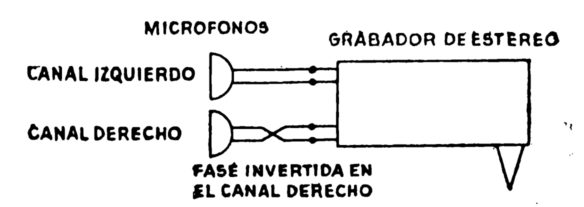


Fig. 423. *Inversión de la fase de un canal a fin de que el grabador de estéreo corte un surco esencialmente lateral.*

grabadora se han invertido, de modo que desde el punto de vista del cortador, las señales llegan fuera de fase y por lo tanto producen un corte predominantemente lateral.

Si un surco está cortado lateralmente, cada elemento transductor de la cápsula reproductora cederá la misma señal pero, como puede apreciarse con la ayuda de la figura 419, las dos señales estarán fuera de fase entre sí. Así puede el fonocaptor restituir la situación inicial ya que las señales originalmente en fase, se presentaron a la cabeza

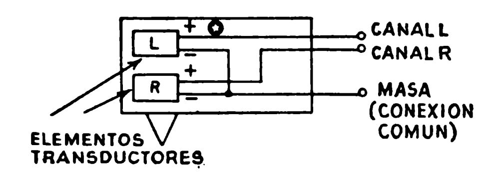


Fig. 424. *Conexionado interno de una cápsula reproductora estereofónica para obtener la fase apropiada.*

* La fase, indicada por + ó —, se refiere a la señal original del micrófono. En realidad, la salida del transductor derecho está fuera de fase con la del izquierdo. Dado que las señales fueron invertidas en la cabeza grabadora, esta segunda inversión hace que estén en fase nuevamente.

grabadora en fase opuesta y ahora sufren una nueva inversión con lo cual, una vez más, aparecen en fase una con respecto a la otra.

En lo que concierne al usuario, la inversión de fase determinada por la cápsula reproductora puede verificarse automáticamente o puede serle necesario efectuar las conexiones apropiadas. Algunas cápsulas tienen sólo tres terminales de salida y en este caso, el fabricante de las mismas habrá incluído las conexiones adecuadas (fig. 424); otras, en cambio, tienen cuatro terminales (fig. 425) y aquí se requiere que el usuario efectúe las conexiones de modo tal, que la señal de uno de los elementos de la cápsula estereofónica esté, en

último análisis, en fase con la señal del otro elemento; o bien, refiriéndonos solamente a la cabeza reproductora, que la salida de un elemento esté fuera de fase con respecto a la salida del otro. La figura 426 ilustra las conexiones *incorrectas*.

Una razón fundamental para suministrar en las cápsulas de estéreo cuatro terminales en lugar de tres, es la de permitir que cada canal tenga su propio conductor de masa al amplificador; esta dis-

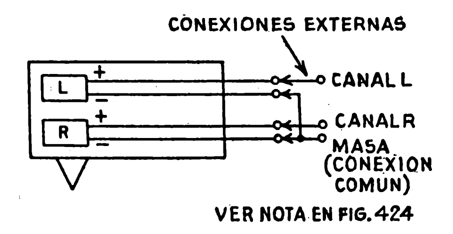


Fig. 425. Conexiones externas de una cápsula reproductora estereofónica de cuatro terminales para obtener la fase apropiada.

posición puede introducir menos zumbido que si los canales compartieran un conductor común de masa. La conveniencia de los cuatro terminales, tiene como argumento el principio simplex de la CBS para los amplificadores estereofónicos, que se discute en el capítulo 8. Este tipo de amplificador utiliza sólo dos válvulas de salida en lugar de las cuatro acostumbradas y requiere que las señales de estéreo estén fuera de fase entre sí, llamémoslas L y —R; una cápsula de cuatro terminales permitirá al usuario invertir la

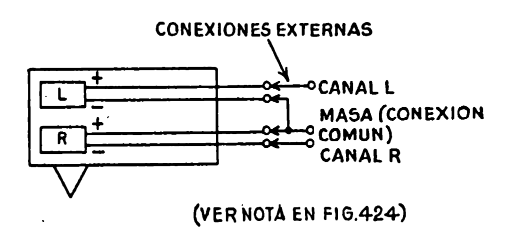


Fig. 426. Conexiones externas incorrectas para una cápsula reproductora estereofónica de cuatro terminales.

fase de un canal en relación a la del otro, (no obstante, es posible que el fabricante de la cápsula produzca un modelo con tres terminales que lleve las conexiones adecuadas para salidas fuera de fase, destinado al amplificador simplex). Además, algunos amplificadores de control estereofónicos tienen medios para invertir la fase de un canal.

Una forma de comprobar si se han efectuado correctamente las conexiones en una cápsula de cuatro terminales, consiste en combinar

las dos salidas (fig. 427) y aplicarlas a un amplificador simple mientras la cápsula reproduce una grabación monofónica. Si las fases para estéreo están equivocadas, las salidas para una grabación monofónica, que contiene modulación lateral, estarán fuera de fase haciendo que la señal desaparezca en gran parte o del todo.

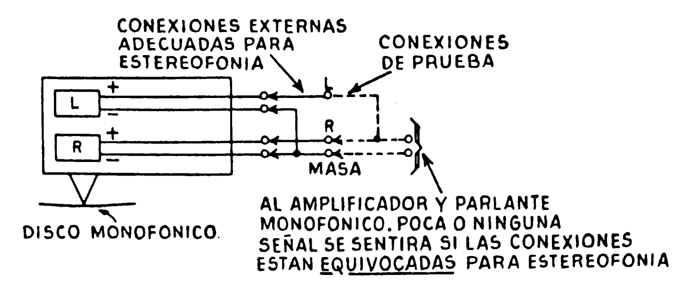


Fig. 427. *Conexiones de prueba para determinar si una cápsula estereofónica de cuatro terminales tiene la fase apropiada.*

Aún cuando la señal de una sección del reproductor estuviera tomada con fase incorrecta, ¿no podría corregirse esta situación, en la última etapa de audio, con el simple expediente de invertir los conductores destinados a uno de los sistemas de parlantes (fig. 428)? Debe responderse que sí, que esta conexión puede efectuarse, pero sin embargo, como se discutirá detalladamente en la sección sobre com-

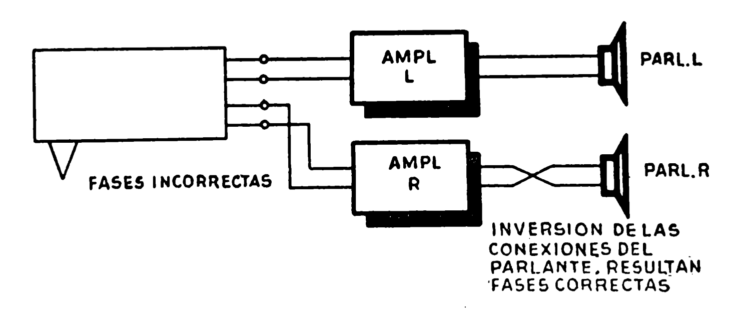


Fig. 428. *Compensación de las fases incorrectas de una cápsula reproductora mediante la inversión de los conductores de un parlante.*

patibilidad de la cápsula reproductora estereofónica, la mejor manera de ejecutar un disco monofónico con un pick-up estereofónico consiste en disponer las dos salidas de la cápsula en paralelo. En consecuencia, si estas salidas llevan fase inadecuada para la reproducción de estéreo, se operará la cancelación de la señal al reproducir un disco monofónico.

Compatibilidad.

La compatibilidad puede considerarse en dos sentidos: 1) la habilidad de las cápsulas monofónicas para reproducir grabaciones estereofónicas y 2) la habilidad de las cápsulas estereofónicas para ejecutar discos monofónicos.

Compatibilidad de la cápsula monofónica.

Las normas sobre estereofonía de la RIAA exigen que las señales que lleguen a los micrófonos en fase (y que contienen toda la información de audio) produzcan un surco de corte lateral sobre un disco estereofónico; se sigue entonces, que si una cápsula reproductora responde sólo a los movimientos laterales del surco, reproducirá con un disco de estéreo la suma de los canales L y R. De acuerdo con esto, una cápsula monofónica que responde solamente al movimiento late-

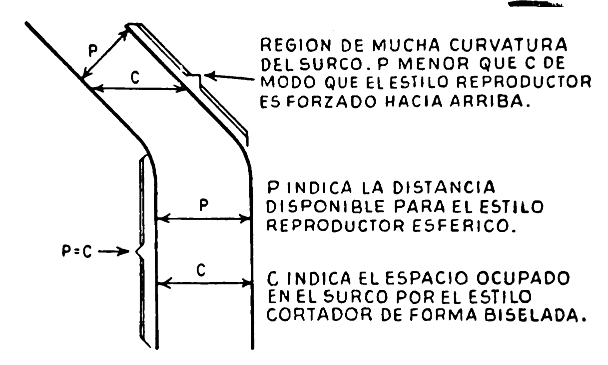


Fig. 429. *Efecto de pellizco ejercido sobre el estilo reproductor en los puntos de mucha curvatura del surco.*

ral del surco, es compatible en el sentido de que puede extraer toda la información de audio desde el disco de estéreo, aunque los dos canales estén combinados; podemos decir que existe compatibilidad en el sentido eléctrico.

Desafortunadamente, la mayoría de las cápsulas monofónicas no presentan compatibilidad en el sentido mecánico; aunque están diseñadas para ofrecer una muy alta compliancia *lateral* —aptitud del estilo para moverse una distancia relativamente grande en la dirección lateral cuando se le aplican ligeras fuerzas por intermedio del surco grabado— su compliancia *vertical* es a menudo mucho más reducida. En verdad, la cápsula monofónica debe tener una cierta magnitud de "elasticidad" vertical de modo que pueda hacer frente al efecto de pellizco, que tiende a levantar el estilo cuando el surco se estrecha en un punto de mucha curvatura (fig. 429). No obstante, la com-

pliancia vertical de la mayoría de las cápsulas es considerablemente menor que la lateral y por lo tanto, cuando el surco estereofónico fuerza el estilo hacia arriba, éste resiste la presión impuesta por las paredes de aquél; si el estilo resiste lo suficiente, tenderá a efectuar un corte dentro del surco y destruir la información vertical inherente. La mayor parte de las cápsulas monofónicas, al menos de las que existían cuando se introdujeron por primera vez los discos estereofónicos en 1958, no son mecánicamente compatibles con las grabaciones de estéreo.

Compatibilidad de la cápsula estereofónica.

Hablando en términos generales, las cápsulas estereofónicas son capaces de reproducir grabaciones monofónicas a plena satisfacción en razón de que el estilo puede moverse libremente en dirección lateral. No obstante, aparece un serio problema con relación al "rumble", debido principalmente al motor fonográfico y a los cojinetes. El "rumble" provoca movimientos en el estilo tanto en dirección ver-

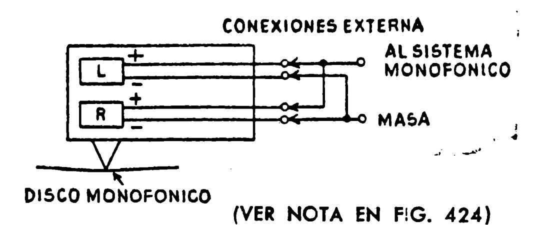


Fig. 430. *Conexiones para reproducir una grabación monofónica con una cápsula reproductora estereofónica de cuatro terminales.*

tical como lateral; el vertical suele ser considerablemente mayor —casi tres veces más— que el lateral y de allí que al ejecutar un disco monofónico, una cápsula con alta compliancia vertical (capaz de responder al "rumble" vertical) produzca sensiblemente más "rumble" que una con baja compliancia en la misma dirección.

Para evadir este problema cuando se reproduce un disco monofónico con un pick-up de estéreo, es conveniente combinar ambas salidas de la cápsula de modo tal que resulten aditivas para la información lateral (de audio) y que se cancelen con respecto a la información vertical (de "rumble") (fig. 430). La conexión que satisface esta condición implica la misma disposición de fases que para la reproducción estereofónica (fig. 427); podría instalarse una simple llave para ligar las salidas izquierda y derecha, a efectos de reproducir discos monofónicos. Para contemplar el caso de que las fases de la cápsula sean incorrectas, es posible incluir en el amplificador de estéreo, medios para invertir la fase de un canal en una etapa inter-

media del amplificador, de modo que se sumen los dos canales (fig. 431).

Desde luego que es posible tomar la señal de una sola sección de la cápsula estereofónica cuando se la usa para reproducir un disco monofónico, pero así se sacrifica la ventaja de posibilitar la cance-

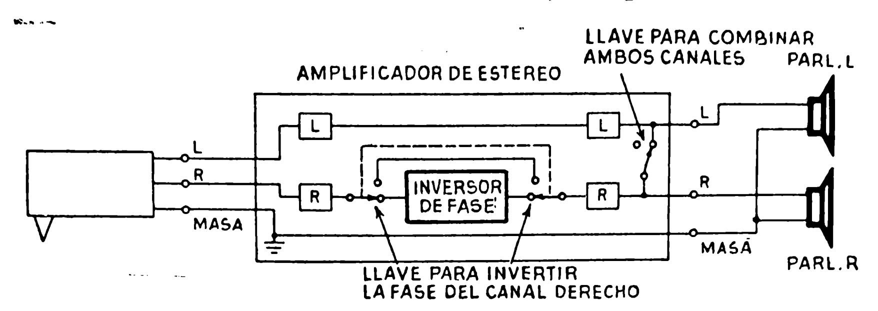


Fig. 431. *Amplificador estereofónico con medios para invertir la fase de un canal a fin de combinar ambos canales en la reproducción de grabaciones monofónicas en el caso de que las fases de la cápsula sean incorrectas.*

lación del "rumble" vertical. También empeoraría la relación señal-ruido en virtud de que la cápsula entrega menos señal al amplificador cuando se utiliza un solo elemento.

Modulación cruzada.

Uno de los problemas inherentes a la reproducción estereofónica por medio de discos, es la modulación cruzada —aparición del sonido de un canal en el otro. La modulación cruzada se presenta en la cabeza grabadora, en el surco grabado y en las cápsulas reproductoras.

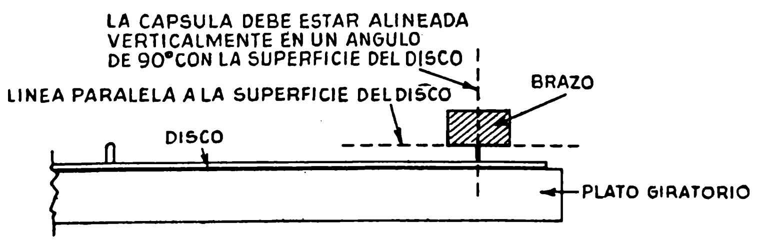


Fig. 432. *Alineamiento azimutal de una cápsula reproductora estereofónica con la cápsula vista de frente.*

Por lo común, es posible mantener una relación de modulación cruzada total, mejor de 20 dB sobre todo el rango de audio; es decir, la relación entre la señal de audio que pertenece originalmente a un canal dado y la señal que aparece en el mismo pero que corresponde al otro canal, es mayor de 10 a 1. Datos allegados sobre la magnitud de

la modulación cruzada, en un sistema completo que hace uso de una cabeza grabadora Westrex y un reproductor Westrex, muestran una relación de aproximadamente 22,5 dB a 1.000 ciclos, alrededor de

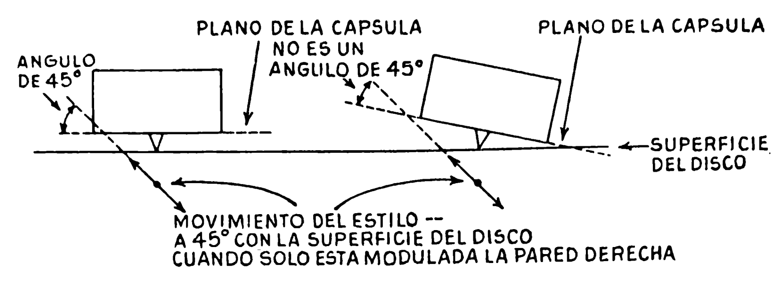


Fig. 433. *Modulación cruzada debida al desalineamiento azimutal de una cápsula reproductora estereofónica.*

20 dB a 4.000 ciclos y empeorando luego progresivamente; la relación se acerca a 16 dB en 7.000 ciclos, 9 dB a 10.000 y menos de 5 dB a alrededor de 12. 000 ciclos; a partir de este punto mejora pero se mantiene inferior a 10 dB hasta 15.000 ciclos. No obstante, en el rango

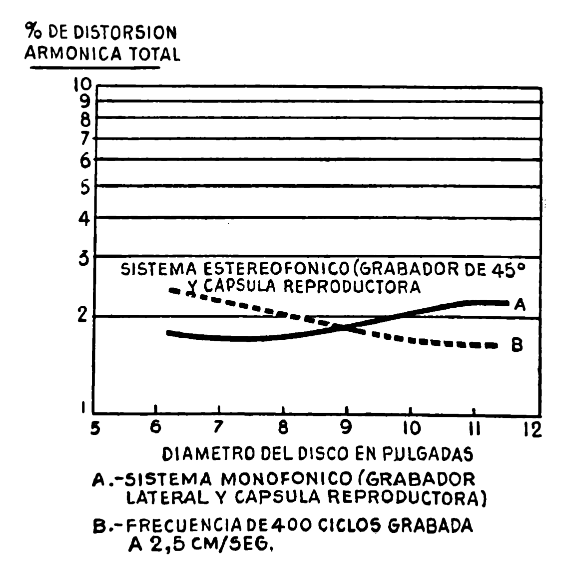


Fig. 434. *Comparación de la distorsión armónica total en un sistema monofónico y en un canal de un sistema estereofónico (grabación y reproducción).*

que parece ser esencialmente responsable del efecto estereofónico, hasta 8.000 ciclos, la modulación cruzada se presenta lo bastante reducida como para que el sonido de cada canal aparezca, a los fines prácticos, suficientemente distinto.

Para disminuir la modulación cruzada durante la reproducción, es importante mantener el alineamiento vertical del estilo con respecto a la superficie del disco (fig. 432); a veces se hace referencia a esta condición como alineamiento azimutal. Si el estilo se inclina hacia la izquierda o hacia la derecha, se introduce el sonido de una canal en el otro y también se provoca distorsión debido a que el estilo es menos libre de moverse en un sentido que en el otro.

La fig. 433 ayuda a comprender por qué se genera modulación cruzada cuando el alineamiento vertical del estilo reproductor es in-

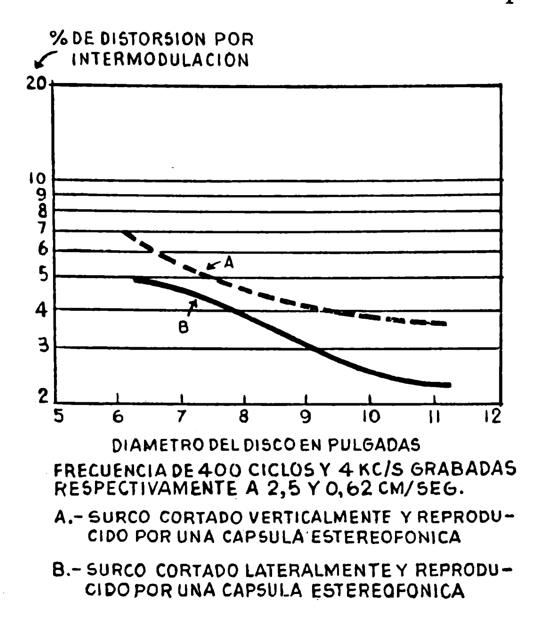


Fig. 435. *Comparación de la distorsión por intermodulación entre un sistema monofónico y un canal de un sistema estereofónico (grabación y reproducción).* (Cortesía de Westrex Corp.)

correcto. Supongamos que esté modulada solamente la pared derecha del surco, de modo que sólo habrá salida desde una sección de la cápsula, la correspondiente al canal derecho, en razón de que el estilo se mueve en un ángulo de 45°. Pero si el estilo está desalineado verticalmente, no se moverá exactamente en un ángulo de 45° con respecto al *plano de la cápsula;* en consecuencia, el canal izquierdo entregará también alguna señal de salida que sólo puede ser la que pertenece al canal derecho.

Distorsión.

Las características más complicadas de un surco estereofónico comparado con uno monofónico (lateral) conduce al problema de la

distorsión más severa del disco de estéreo. La figura 434 compara la distorsión armónica a 400 ciclos y a una velocidad de 2,5 cm/seg. (nivel de señal más bien moderado) de un sistema monofónico y uno estereofónico. La grabación monofónica se ha inscripto lateralmente y se reproduce con una cápsula lateral (Westrex); en el sistema estereofónico, el registro se ha efectuado estereofónicamente para un canal (la comparación debe hacerse con un solo canal) siendo la cabeza grabadora y la reproductora de modelo Westrex.

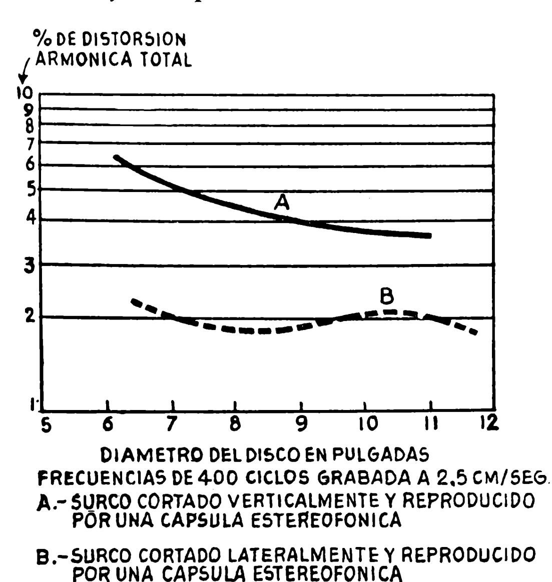


Fig. 436. *Comparación de la distorsión armónica total en la reproducción, por medio de una cápsula estereofónica, de surcos modulados vertical y lateralmente.* (Cortesía de Westrex Corp.)

La figura 434 señala que, en términos generales, la distorsión armónica no es muy diferente en los dos sistemas; el monofónico produce más distorsión en la parte exterior del disco, donde el diámetro es mayor, y menos distorsión en la parte interna.

No obstante, la situación es distinta en lo que respecta a la distorsión por intermodulación, sensiblemente más molesta para el oído que la distorsión armónica. La figura 435 compara la distorsión por intermodulación de los sistemas mono y estereofónicos, utilizando frecuencias de 400 y 4.000 ciclos respectivamente, grabadas a 2,5 y 0,62 cm/seg. A todo lo largo del diámetro del surco, la distorsión por intermodulación es mayor para el sistema estereofónico.

Toda vez que el disco de estéreo obligue al estilo a moverse verticalmente más bien que en el modo lateral o a 45°, habrá un agudo

incremento en la distorsión armónica y por intermodulación (figs. 436 y 437). Las líneas llenas de las figs. 436 y 437 indican la distorsión cuando una cápsula de estéreo reproduce un surco cortado verticalmente y las líneas cortadas de las mismas figuras muestran

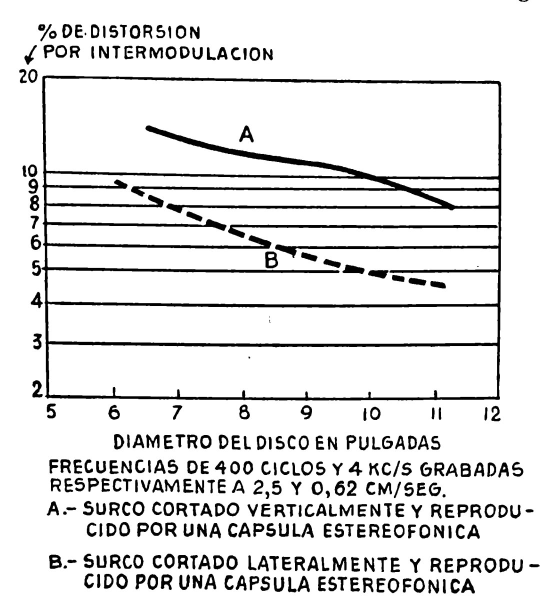


Fig. 437. *Comparación de la distorsión por intermodulación en la reproducción, por medio de una cápsula estereofónica, de surcos modulados vertical y lateralmente.* (Cortesía de Westrex Corp.)

la distorsión, mucho menor, cuando la reproducción se verifica con un surco cortado lateralmente.

Estas dos ilustraciones revelan una de las principales razones, por las cuales la RIAA ha recomendado que las señales en fase deben ser grabadas de modo que produzcan un surco cortado lateralmente: la distorsión será mucho menor para un surco lateral que para uno vertical.

"Rumble".

Al analizar la compatibilidad, hemos mencionado previamente que, debido a las imperfecciones del motor y los cojinetes, existe una vibración de baja frecuencia en el movimiento del plato giratorio, que se evidencia como un retumbo o ruido sordo y prolongado ("rumble") cuando la capta la cápsula reproductora. El "rumble" se presenta tanto en el modo vertical como en el lateral, siendo el primero tres veces mayor que el último. De aquí que la cápsula de estéreo, que responde mucho más al movimiento vertical que el pick-up mono-

fónico, entregue una buena proporción de señal de "rumble". Por lo tanto, al ejecutar discos mono o estereofónicos con una cápsula de estéreo, debe asignarse mayor importancia a un fonógrafo libre de "rumble" que en el caso de las cápsulas monofónicas.

Un cierto número de cápsulas de estéreo buscan hacer frente al problema del "rumble" vertical, atenuando la respuesta de la cápsula para el movimiento vertical del estilo, en bajas frecuencias; en algunos casos esto se lleva a cabo por medios eléctricos, utilizando resistores y capacitores para filtrar el contenido de baja frecuencia del movimiento vertical del estilo. En otros casos, se emplean técnicas mecánicas, por ejemplo mediante el uso de resortes, para atenuar la respuesta al movimiento vertical en bajas frecuencias. Sin embargo, tales intentos han tendido a perjudicar la calidad del sonido estereofónico y a introducir modulación cruzada adicional entre los dos canales.

Características de la cápsula reproductora.

Como ocurre con un sistema convencional de alta fidelidad, con el estéreo el éxito depende en gran parte de la calidad del fonocaptor. Existe un número considerable de cápsulas estereofónicas de variados precios y diferentes diseños, y no todas colaboran en igual proporción a concretar las potencialidades de un disco de estéreo.

En virtud de la naturaleza compleja del surco estereofónico, se requiere para registrarlo un estilo de punta relativamente fina. Si bien una punta con un radio de 1 milésimo de pulgada (25,4 micrones) se considera completamente adecuada para grabaciones monofónicas, resulta demasiado tosca para los discos de estéreo. Al principio se consideró que un radio de 0,7 milésimas de pulgada (17.8 micrones) era satisfactorio para el estéreo pero luego de más profundas investigaciones, la RIAA recomendó un radio de 0,5 milésimas de pulgada (12,7 micrones) para obtener un registro adecuado.

La reducción del radio de la punta de 25,4 a 12,7 micrones —es decir, a la mitad— disminuye la superficie de la punta a un cuarto de su tamaño anterior, puesto que la superficie varía con el cuadrado del radio. Para una determinada fuerza de arrastre —presión ejercida por el estilo sobre el disco— habrá cuatro veces más presión sobre el surco por unidad de área, resultando un incremento del desgaste del surco a menos que la fuerza de arrastre se reduzca en una proporción correlativa. En tanto que una fuerza de arrastre de 6 a 8 gramos se considera tolerable para una cápsula monofónica, para un pick-up de estéreo se requiere que sea de 2 gramos o menos empleando un estilo de 12,7 micrones. Pero con una fuerza de arrastre de 2 gramos o menos, para retener el estilo dentro del surco en los pasajes fuertes se requiere que el mismo tenga la posibilidad de moverse fácilmente

bajo ligeras presiones y se exige un brazo bien balanceado, prácticamente libre de fricción.

Resumiendo, la reducción del radio de la punta del estilo para permitir un arrastre adecuado sobre el complejo surco estereofónico requiere a su vez una fuerza de arrastre ligera la que por su parte demanda cápsulas y brazos de alta calidad.

Dos requisitos esenciales de una cápsula de alta calidad son masa reducida y alta compliancia; la masa reducida permite extender la respuesta de altas frecuencias y alta compliancia asegura una adecuada respuesta en bajas frecuencias.

Resonancia plástica.

La masa del estilo reproductor y de aquellos elementos a los que está asociada, junto con la pared del surco (que tiene una cierta cantidad de "elasticidad") forman un sistema resonante; se alude a este efecto como "resonancia plástica". A la frecuencia de resonancia se refuerza o pica la respuesta, por encima de ella, la respuesta declina bruscamente. De aquí que sea deseable ubicar la frecuencia de resonancia plástica por encima del rango de audio, o al menos no muy por debajo de 15.000 ciclos. Cuanto más reducida sea la masa dinámica del estilo, tanto mayor será la frecuencia de resonancia. En muchas de las cápsulas monofónicas de alta calidad, se mantiene la masa del estilo suficientemente baja como para situar la resonancia plástica convenientemente alejada del rango de audio. En una cápsula estereofónica, el problema de conservar la masa del estilo en un valor adecuadamente reducido, adquiere mayor envergadura en razón de que el estilo debe accionar no sólo un elemento transductor sino dos. El estilo y sus elementos anexos son más complejos, incluyendo más componentes y en consecuencia, la masa tiende a ser mayor que la de una cápsula monofónica de calidad equivalente.

La compliancia del estilo denota la distancia que puede moverse por efecto de una fuerza dada; al reproducir las bajas frecuencias, el estilo debe describir movimientos de considerable amplitud y la alta compliancia lo habilita para moverse con facilidad y responder a esas frecuencias con poca distorsión. La baja compliancia, en cambio, determina que el estilo resista el movimiento y en esta forma, la reproducción de bajas frecuencias contendrá mucha distorsión o será completamente nula —la púa podría llegar a saltar del surco como consecuencia de su incapacidad para seguirlo. La mayor complejidad de diseño de la cápsula estereofónica pone obstáculos al logro de la alta compliancia de una cápsula monofónica de primera línea y por consiguiente, resulta más difícil obtener una buena respuesta de bajas frecuencias.

Simetría.

Un factor importante en el diseño de una cápsula estereofónica es la simetría. Cada elemento transductor debe tener virtualmente el mismo nivel de salida y las mismas características con respecto a la respuesta de frecuencias, distorsión, etc.; de otro modo se perjudicaría el efecto estereofónico.

En virtud de que el surco de estéreo está modulado tanto verticalmente como lateralmente resultará, en comparación con uno monofónico, de mayor profundidad y por lo tanto, de mayor ancho si se pretende grabar el mismo nivel de señal que en aquél. Para evitar los inconvenientes derivados de un surco más ancho que impondría la reducción del tiempo de reproducción, se hace necesario utilizar un nivel de señal inferior en la grabación de discos estereofónicos (3 dB

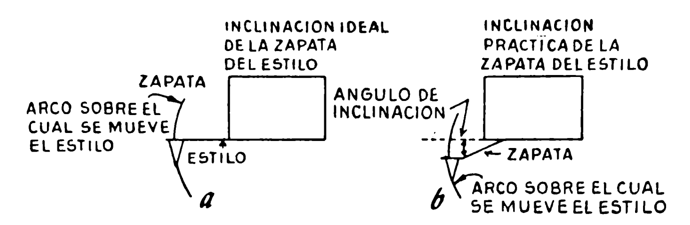


Fig. 438. *Efecto del ángulo de inclinación de la zapata del estilo sobre el movimiento de este último.*

menos en cada canal). Esto agrava el problema de producir un fonocaptor, que entregue al amplificador suficiente señal como para establecer en cada canal, una relación satisfactoriamente alta entre esa señal y el ruido del amplificador.

La menor magnitud de la señal grabada en cada pared de un surco estereofónico, reduce necesariamente la relación entre la señal de audio y el ruido del surco. Por ello se presta mayor atención a los materiales para grabaciones de bajo ruido y se recomienda a los usuarios que mantengan los surcos libres de polvo, hilachas, etc., que favorecen la producción del mismo.

Como se ilustra en la figura 438, la zapata que soporta el estilo no es exactamente paralela a la superficie del disco sino que forma un ángulo de algunos grados al que se hace referencia como ángulo de inclinación. Debido al declive de la zapata, el estilo no se mueve en realidad hacia arriba y hacia abajo sino que lo hace formando un ligero

ángulo con la vertical. En otros términos, la modulación vertical del surco estereofónico hace que el estilo se mueva, *relativamente*, hacia atrás y hacia adelante a lo largo del surco. Así, el movimiento vertical del estilo modula la respuesta del mismo a la información lateral del surco, introduciendo una distorsión semejante a la vibración ("flutter") de un sistema fonoeléctrico convencional o de un reproductor de cinta. No obstante, si se establece el mismo ángulo de inclinación en la cabeza grabadora y en la cápsula reproductora, la distorsión queda superada y por ello se trata de asegurar esta condición para ambos estilos.

Respuesta de frecuencias.

De la discusión precedente se concluye que existen serias dificultades para mantener una respuesta adecuada de graves y agudos en un sistema estereofónico a pesar de lo cual el problema no es de ningún modo insuperable.

La figura 439 representa la respuesta de frecuencias de una cápsula reproductora Westrex como demostrativa de lo que puede lo-

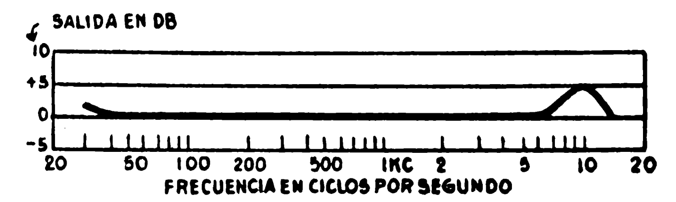


Fig. 439. *Respuesta de frecuencias de una cápsula reproductora estereofónica Westrex luego de la ecualización RIAA.* (Cortesía de Westrex Corp.)

grarse de una unidad de alta calidad. La respuesta en bajas frecuencias es excelente y aunque se presenta un pico en la región de altas frecuencias, a 10.000 ciclos, su amplitud está por debajo de los 5 dB; se observa una ligera elevación en el extremo de los bajos que la Westrex atribuye a la resonancia de la masa del brazo con la compliancia del estilo.

La figura 440 ilustra una característica aproximada de frecuencias de grabación obtenida con una cabeza grabadora Westrex. El pico en el extremo de altos de la respuesta para la reproducción, se compensa en parte con el valle en la característica de grabación, de modo que la respuesta general de un sistema que haga uso del equipo Westrex será relativamente uniforme.

El brazo del fonocaptor introduce dificultades para mantener una respuesta adecuada de bajas frecuencias cuando el estilo se mueve verticalmente. En la reproducción monofónica, el brazo se diseña de

modo que pueda seguir los ascensos y descensos relativamente graduales impuestos por factores tales como alabeado del disco y materias extrañas dentro del surco. Si el brazo se mueve en respuesta a las solicitaciones verticales, la cápsula lo sigue, de suerte que el estilo *no* se mueve en relación a la cápsula; esto ocurre solamente en bajas frecuencias. Pero en el caso del reproductor estereofónico, es necesario que el estilo se mueva con respecto al mecanismo de la cápsula para registrar la información vertical del surco; por lo tanto, el brazo debe

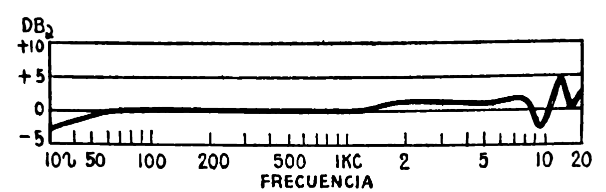


Fig. 440. *Característica de frecuencias de grabación de una cabeza grabadora Westrex.* (Cortesía de Westrex Corp.)

tener las mismas características para el movimiento vertical y para el lateral proporcionando respuestas de frecuencias igualmente buenas para la modulación del surco en ambas direcciones. Muchos brazos de fonocaptores que son satisfactorios para los discos monofónicos (de modulación lateral), no son utilizables para la reproducción de la modulación vertical del surco en bajas frecuencias.

Ecualización.

El problema de las numerosas características de ecualización que plagaron las grabaciones de LD en sus primeros años no se repetirá en el estéreo; se ha aceptado como normalización para todos los discos estereofónicos la ecualización RIAA (fig. 441), al menos para todos aquellos que responden al sistema Westrex.

A pesar de ello, el hecho de que existan normas para las características ecualizantes de grabación y reproducción, no elimina del todo el problema de obtener una ecualización correcta de parte del usuario. Es necesario aún, que al utilizar cápsulas reproductoras magnéticas, se asegure que el amplificador de control contiene la ecualización RIAA *correcta* y no una vaga aproximación, y que las ecualizaciones sean prácticamente idénticas para ambos canales. De otro modo, cada uno de éstos tendrá una respuesta de frecuencias diferentes tendiendo a deteriorar el efecto estereofónico.

Es más difícil obtener una ecualización exacta con pick-ups piezoeléctricos, cerámicos o a cristal. Estas cápsulas son esencialmente auto-ecualizantes y teniendo una salida relativamente alta, se destinan ordinariamente a alimentar jacks de entrada de alto nivel (la misma

clase de jack que se usa, por ejemplo, para un sintonizador). La respuesta en bajos de una cápsula piezoeléctrica será plana solamente en el caso de que el amplificador de control presente la resistencia correcta sobre la misma; una resistencia de carga demasiado baja atenuará la respuesta de bajos, mientras que una resistencia demasiado alta la exagerará. Resulta comúnmente apropiada una resistencia de 2.000.000 de ohms; una o dos cápsulas existentes en el mercado (del año 1958) trabajarán satisfactoriamente con resistencias tan bajas como 510.000 ohms. En consecuencia, el que utiliza una cápsula piezo-

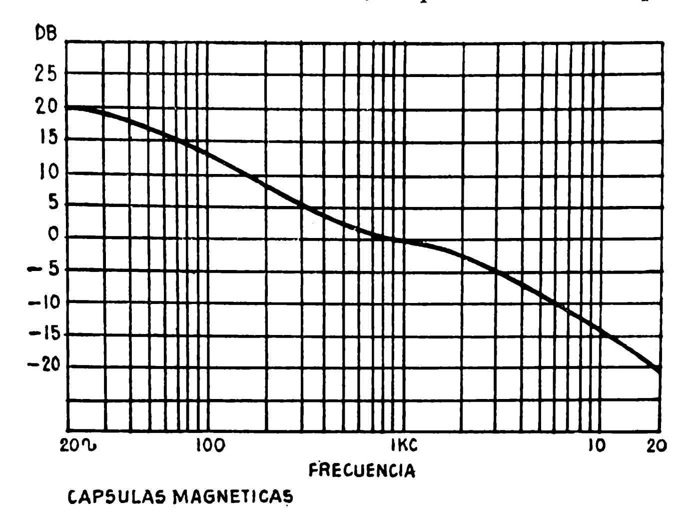


Fig. 441. *Ecualización RIAA para la reproducción.*

eléctrica debe informarse sobre el valor de la resistencia de carga requerida y comprobar si el amplificador de control suministra este valor. De no ser así, deberán efectuarse los cambios necesarios en el amplificador de control, una tarea simple para el técnico o para el audiófilo con preparación técnica.

A veces, el amplificador de control no trata la cápsula piezoeléctrica como un dispositivo de alta salida sino que utiliza una red eléctrica para convertirla en un dispositivo de baja salida que tiene la misma respuesta de frecuencias que una cápsula magnética y que por lo tanto requiere la misma ecualización para la reproducción. Sin embargo, una red como ésta puede ser apropiada para un pick-up piezoeléctrico pero no para los otros. Algunos fabricantes, proporcionan una red adecuada para sus cápsulas bajo la forma de un adaptador dispuesto entre la cápsula y el jack de entrada del amplificador de control.

capítulo

5

el estéreo en discos-otros sistemas

Las tres categorías restantes de sistemas para discos estereofónicos pueden clasificarse tomando en cuenta la forma en que están incluídos los dos canales en los surcos: 1) doble surco; 2) surco único en dos dimensiones (sistemas vertical-lateral; 3) surco único en una dimensión (sistemas de frecuencia portadora).

Sistemas de doble surco.

Se han propuesto algunos sistemas de doble surco; uno de ellos, el sistema Cook, alcanzó verdadero desarrollo comercial, mientras que el otro, el sistema Weil, nunca pasó de la etapa experimental.

Sistema Cook.

El primer sistema de discos estereofónicos que se puso a disposición del público de los EE. UU. de N. A. fué el de Emory Cook, introducido en 1952. Como se ilustra en la figura 501, cada canal se graba

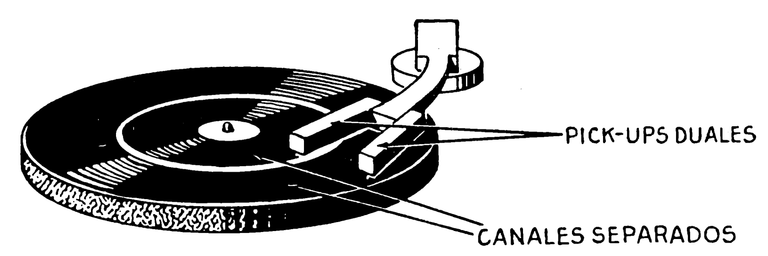


Fig. 501. *En el sistema Cook, cada canal se graba separadamente en un sólo disco.*

en una banda de surcos separada; se requiere un brazo especial que soporte dos cápsulas una al lado de la otra; la distancia entre los estilos debe ser *exactamente* igual a la que existe entre los principios de los surcos en cada banda, un requisito no muy fácil de satisfacer.

Aunque el sistema Cook fué utilizado por un número relativamente reducido de audiófilos durante unos pocos años, tres defectos básicos lo condujeron a su eventual desaparición.

1. Era difícil coordinar las dos cápsulas de modo que sus estilos

reposaran simultáneamente en el principio de los surcos de cada banda y casi imposible en cualquier punto posterior; de allí que no fuera factible comenzar en un intervalo de una selección.

2. La carga que imponían al brazo las dos cápsulas dificultaba el empleo del sistema Cook en cambiadores automáticos de discos.

3. La técnica de doble surco resultaba antieconómica al permitir un tiempo de grabación por cara de sólo la mitad del que corresponde a un disco monofónico o a uno de estéreo de surco único. En una cara del disco Cook puede grabarse de 10 a 15 minutos aproximadamente, en comparación con los 25 a 30 minutos de otros. Mientras que un tiempo de 25 a 30 minutos hace posible presentar en forma completa y en una cara del disco muchas sinfonías, conciertos, etc., la disponibilidad de sólo 10 a 15 minutos significa que para muchas inscripciones normales, el oyente deberá invertir el disco. Además, en el sistema Cook, tendría que dedicar un tiempo adicional al cuidadoso proceso de situar los estilos de modo que caigan en los surcos correctos.

Sistema Weil.

El sistema Weil no ofrece al usuario más tiempo de ejecución *por disco* que el sistema Cook, pero le proporciona el período de reproducción acostumbrado de 20 a 30 minutos antes de tener que reubicar

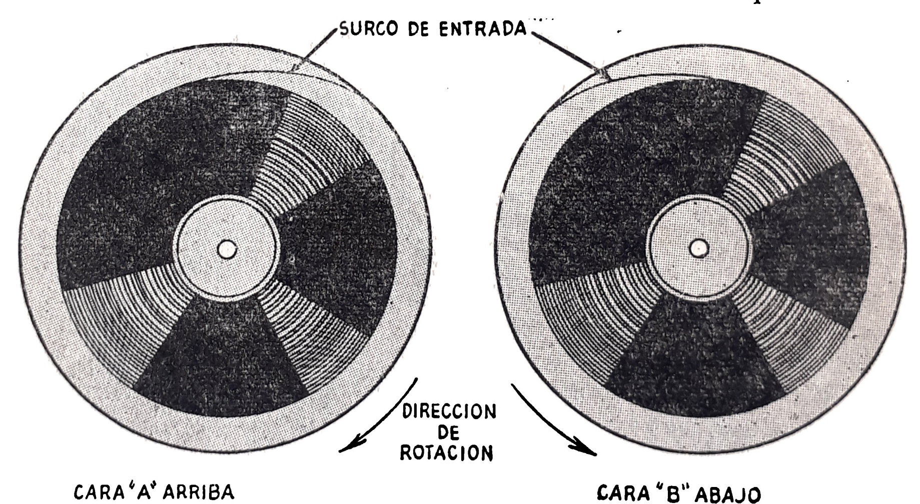


Fig. 502. *El sistema Weil proponía la grabación de un canal en cada cara de un disco fonográfico.*

las cápsulas. Aunque nunca tuvo difusión comercial, el sistema fué propuesto por una figura prominente de la industria fonoeléctrica, Maximilian Weil, y merece una breve descripción.

En el sistema Weil (fig. 502), se graba un canal sobre la cara su-

perior de un disco y el otro, sobre la cara inferior; la grabación se reproduce con dos brazos y sus respectivas cápsulas que registran simultáneamente ambas faces (fig. 503). Cada brazo, dice Weil,

> "tiene su propia base montada en pivotes y los dos pueden vincularse para que trabajen al unísono o bien pueden operar independientemente para permitir la reproducción de discos normales de LD mediante el brazo superior y su cápsula." [1]

La propuesta de Weil se respalda en el argumento de que otros sistemas para discos estereofónicos, excepto el de Cook, implican sacrificios en términos de distorsión. Este sistema podría conservar todas las ventajas de las técnicas de grabación y reproducción monofónicas,

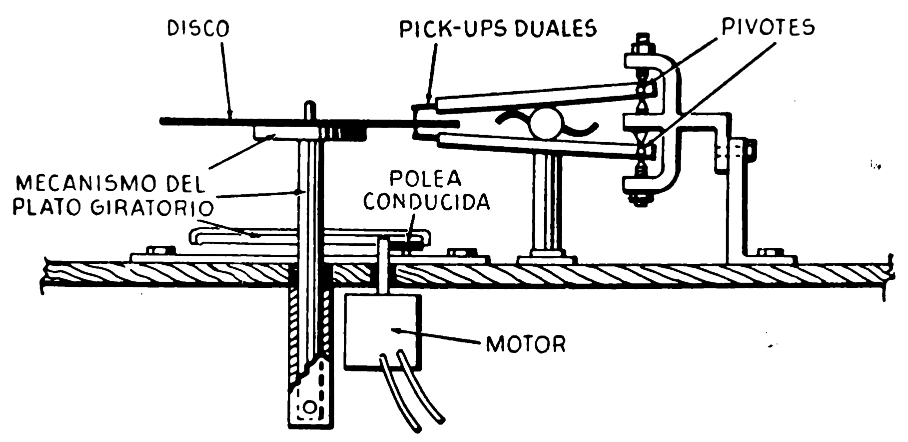


Fig. 503. *Se requeriría un mecanismo bastante complejo para reproduçir un disco inscripto con el método Weil.*

permitiendo al mismo tiempo la reproducción estereofónica. Afirma Weil:

> "Llevó 75 años lograr la claridad, limpieza y refinamiento de los discos de LD actuales. En esta coyuntura, la cuestión es '¿Está dispuesto el amante de la música a sacrificar todo esto por un poco de efecto espacial?' " [2]

En el sistema Weil se emplean las técnicas y equipos convencionales de la grabación monofónica, utilizando dos platos giratorios para producir las matrices de los dos canales. Después de que cada una de ellas es procesada, las grabaciones se sincronizan y se prensan de modo que se correspondan los puntos de arranque de las caras opuestas.

---

[1] Maximilian Weil, "New Approach to Stereo Records", *Audio*, junio 1958.
[2] *Ibidem.*

Sistemas vertical-lateral.

Mientras que en el sistema Westrex cada elemento transductor responde a los movimientos del estilo en una dirección de 45°, en otros, los movimientos verticales y laterales del estilo actúan sobre los dispositivos transductores. Tres de estos últimos, los sistemas de London y Sugden, de la CBS y de EMI, proveen un verdadero estéreo en tanto que un cuarto, el método de señal de referencia, comporta un proceso de cuasi-estéreo.

Sistema London y Sugden.

En 1957, London y Sugden de Inglaterra, anunciaron el desarrollo exitoso de sistemas vertical-lateral. Como se ilustra en la figura 504, la grabación se verifica de modo que un canal provoca la modulación vertical del surco y el otro, la modulación horizontal (ver también figs. 404, 405, 406 y 407, a partir de la página 69 en el Capítulo 4).

Toda vez que las señales de cada canal sean iguales en forma de

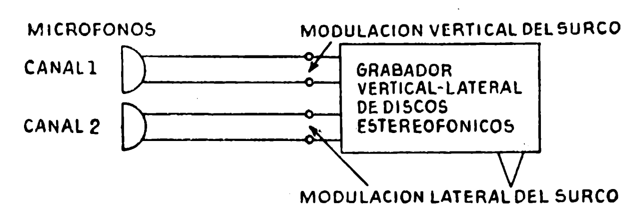


Fig. 504. *Método vertical-lateral para grabación de discos estereofónicos.*

onda y amplitud, el resultado neto de aplicarlas a los elementos de control de la cabeza cortadora será que el estilo se mueve en diagonal, es decir, en un ángulo de 45° con la horizontal. El principio que determina este efecto ya fué explicado en relación con la fig. 412-a, la cual demuestra que si dos fuerzas tiran de un objeto en direcciones que forman ángulos de 45° con la vertical, el objeto se mueve verticalmente; de manera semejante, si una fuerza es lateral y la otra vertical, el objeto se moverá en un ángulo de 45°.

El surco que resulta con el sistema Sugden y London es igual al que se graba con el método Westrex cuando contiene modulación en un solo canal (figs. 409 y 410); dicho de otra forma: en el sistema Sugden y London, cuando son *iguales* las señales de ambos canales, solamente una de las paredes del surco contiene modulación.

Uno de los elementos transductores de la cápsula reproductora se diseña para responder al movimiento lateral del estilo y el otro, al movimiento vertical; si el estilo se mueve en un ángulo de 45° son influídos los dos elementos transductores produciendo señales iguales.

Si la señal de un canal es más fuerte que la del otro, la modulación del surco tenderá a ser esencialmente vertical o esencialmente lateral, dependiendo de cuál canal lleva la señal más intensa. Si la modulación resultante del surco es principalmente vertical, tiende a aparecer un serio problema de distorsión en el proceso de inscripción. En el corte del surco, la modulación vertical produce inherentemente mayor distorsión que la lateral (fig. 505). Cuando el estilo se mueve hacia

MATERIAL ARRANCADO DEL SURCO
CUANDO EL ESTILO SE MUEVE HACIA ARRIBA
MOVIMIENTO ASCENDENTE DEL ESTILO CORTADOR
PUNTO DE PARTIDA DEL ESTILO CORTADOR
MOVIMIENTO DESCENDENTE DEL ESTILO CORTADOR
EL MATERIAL ARRANCADO CUANDO EL ESTILO SE MUEVE
HACIA ABAJO LA MISMA DISTANCIA QUE HACIA ARRIBA,
CONSIDERABLEMENTE MAYOR QUE EL REMOVIDO
EN EL MOVIMIENTO ASCENDENTE

Fig. 505. *Durante los movimientos ascendentes y descendentes del estilo cortador vertical se remueve diferente cantidad de material del disco.*

abajo debe arrancar más material del surco que cuando lo hace hacia arriba y por lo tanto, debe ejercerse mayor fuerza para mover el estilo cuando desciende que cuando asciende. Recíprocamente, para una fuerza dada correspondiente a la señal de audio, el estilo se moverá menos hacia abajo que hacia arriba y la diferencia de las distancias recorridas para iguales magnitudes de la señal introduce distorsión. Esta situación no se presenta en la grabación lateral, donde el estilo cortador se mueve de uno a otro lado encontrando igual resistencia en cada dirección.

Una gran parte de la distorsión introducida por el corte vertical del surco puede eliminarse con las técnicas de realimentación. A medida que el estilo va efectuando el corte descendente y encontrando

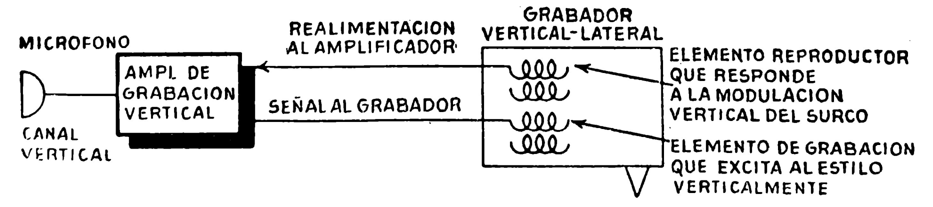


Fig. 506. *El uso de realimentación disminuye la distorsión originada en el corte vertical del surco.*

resistencia creciente, se realimenta una señal proporcional al amplificador excitador (fig. 506); éste produce entonces, por efectos de la realimentación, mayor cantidad de potencia para accionar el estilo. Empero, la realimentación no suprime toda la distorsión.

Con el sistema Sugden y London, en el mejor de los casos, se obtiene un surco de 45° solamente cuando aparecen señales iguales en cada canal; tales señales producen, en el sistema Westrex, un surco modulado lateralmente. Como se muestra en la figura 435, existe considerablemente menos distorsión por intermodulación en un surco cortado lateralmente que en uno cortado en un ángulo de 45°. Aquí el sistema Westrex demuestra tener una ventaja sobre las técnicas vertical-lateral.

Otra desventaja del sistema Sugden y London es que el canal vertical tiende a introducir una señal originada en el efecto de pellizco del canal lateral. Como se ilustró en la figura 429, en los puntos de movimiento lateral rápido, el surco se estrechaba forzando el estilo hacia arriba; este movimiento vertical periódico del estilo se evidencia por sí mismo como una señal de audio en el canal vertical. En el sistema Westrex, en cambio, el efecto de pellizco aparece en ambos canales con igual magnitud, perturbando menos la ilusión estereofónica que si tal aberración se presentara sólo en un canal.

De igual modo, el problema de lograr una respuesta de bajas frecuencias adecuada, originado por la compliancia del brazo reproductor (Capítulo 4), afecta sólo un canal en los sistemas vertical-lateral mientras que el efecto es simétrico en el Westrex.

En general, aunque el sistema Westrex y el vertical-lateral padecen en ciertos aspectos de los mismos inconvenientes, se considera preferible repartir estos últimos entre los dos canales, en lugar de concentrarlos en uno de ellos; la división ayuda a conservar en su más alta expresión el efecto estereofónico.

Sistema CBS.

Como se explicó en el Capítulo 4, muchas de las cápsulas monofónicas no son compatibles con los discos estereofónicos debido a que tienen insuficiente compliancia vertical o excesiva masa dinámica en dirección vertical de modo que el estilo labra en el material del disco las excursiones verticales en lugar de seguirlas ascendiendo y descendiendo como debiera ser. A los efectos de obtener la compatibilidad y al mismo tiempo simplificar el problema de cortar un surco estereofónico, la Columbia Broadcasting System Laboratories desarrollaron un método de grabación diseñado para disminuir la modulación vertical en una extensión tal, que el estilo del promedio de los pick-ups monofónicos no tuvieran dificultades en seguir las excursiones verticales. El método recurre al uso de las técnicas de corte vertical-lateral que imponen menos requisitos a la cabeza cortadora que la técnica 45/45. A la vez, el disco estereofónico CBS está destinado a ser reproducido con la cápsula normal de 45/45.

La figura 507 muestra cómo tiene lugar la grabación. La señal L del canal izquierdo y la señal R del canal derecho se combinan en un mezclador para producir una señal suma L + R; la señal suma se inyecta al cortador vertical-lateral de modo que module lateralmente el surco. La señal R se invierte 180° originando la que podemos llamar —R. L y —R, se combinan en otro mezclador para producir

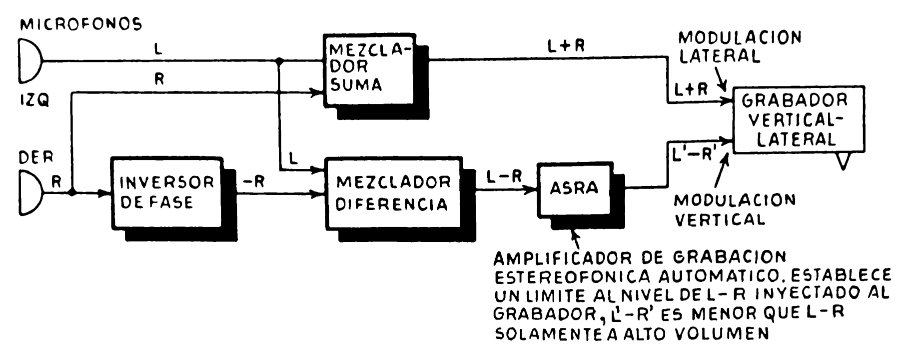


Fig. 507. *Los elementos básicos del sistema de grabación estereofónica CBS.*

la señal L — R, denominada señal diferencia. L — R se llevan a un amplificador automático de grabación estereofónica, llamado abreviadamente ASRA [3], que alimenta la señal diferencia al elemento vertical de la cabeza cortadora para formar la modulación vertical del surco.

El ASRA reduce la intensidad de la señal L — R de modo que resulta una modulación vertical del surco compatible con los pick-ups monofónicos, pero que retiene aún suficiente información de estéreo como para no alterar sensiblemente el efecto estereofónico. De acuerdo con la intensidad y frecuencias contenidas en la señal diferencia, el ASRA limita su amplitud. El ASRA pertenece a la familia de las computadoras electrónicas, no habiéndose revelado los componentes que lo forman ni el modo en qué funciona. La CBS ha indicado solamente que, sobre la base de un estudio de la naturaleza del sonido estereofónico,

> "se determinó la mínima cantidad de señal diferencia que era necesaria para lograr un pleno efecto estereofónico, en función de la frecuencia y de la intensidad". [4]

A pesar de ello, un comentarista ha hecho notar que

---

[3] *N. del T.*: Corresponde a la sigla de las palabras inglesas "automatic stereophonic recording amplifier".

[4] Peter C. Goldmark, Benjamín B. Bauer, William S. Bachman, "The Columbia Compatible Stereophonic Record", documento presentado en la convención del Institute of Radio Engineers, marzo, 1958.

"a niveles reducidos, hasta alrededor de 20 dB por debajo de la máxima salida del sistema, la señal diferencia no es alterada... Pero en los 20 dB superiores del rango dinámico, actúa el ASRA y modifica la señal diferencia de tal suerte, que la excursión vertical nunca excede del valor deseado de 0,0002 pulgadas (5,8 micrones)" [5]

Pasando revista el proceso de grabación, vemos que el canal lateral contiene toda la información de audio, L + R, y que la característica estereofónica de esta información, consistente de L — R, aparece en el canal vertical. En el desarrollo siguiente, veremos cómo las señales

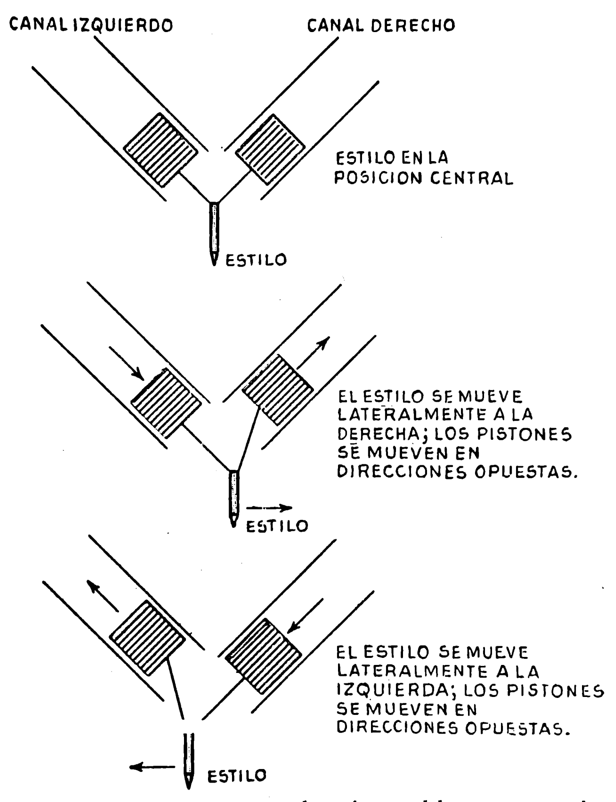


Fig. 508. *Analogía mecánica que muestra los efectos del movimiento lateral del estilo sobre los elementos transductores de cada canal en una cápsula reproductora 45/45.*

suma y diferencia se recombinan para producir señales L y R perfectamente distinguidas. Supondremos un nivel de volumen reducido en la señal grabada, de modo que la modulación vertical, compuesta

---

5 NORMAN H. CROWHURST, "Compatibility and the Stereo Disc", revista *Radio Electronics*, agosto 1958.

por L — R, conserve su intensidad original sin haber sufrido una disminución de nivel; es decir, supondremos que no tiene lugar la función de control del ASRA.

Utilizando para la reproducción una cápsula 45/45, la señal L aparece automáticamente en la salida de un elemento transductor y la señal R en el otro; esto puede explicarse con la ayuda de una analogía mecánica (figs. 508 y 509). Los bloques que representan pistones en estas figuras, simulan el movimiento mecánico de cada elemento transductor como resultado de las excursiones verticales y laterales del estilo reproductor.

En la fig. 508 se observa el efecto del movimiento lateral del estilo sobre los elementos transductores de la cápsula 45/45. Al tiempo que el estilo se mueve hacia la derecha, el "pistón" del elemento

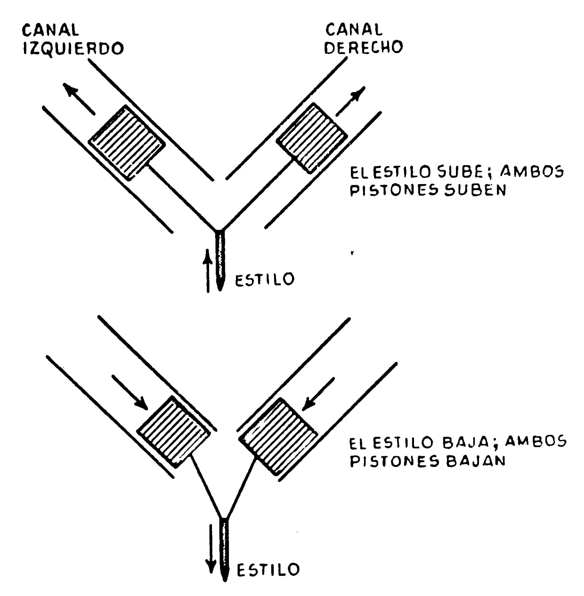


Fig. 509. *Efectos del movimiento vertical del estilo sobre los elementos transductores de cada canal en una cápsula reproductora 45/45.*

L se mueve hacia abajo mientras que el "pistón" del elemento R se mueve hacia arriba; cuando el estilo se desplaza hacia la izquierda, se presenta una situación opuesta: el pistón L sube y el pistón R baja. En resumen, el movimiento mecánico, y por lo tanto la salida eléctrica, del elemento L es opuesta en fase con la del elemento R y por consiguiente, cuando el elemento L produce una señal L + R (en respuesta al movimiento lateral del estilo), el elemento R entrega una señal de fase contraria, —L — R.

El efecto del movimiento vertical sobre cada elemento transductor de la cápsula 45/45, aparece en la figura 509. En este caso, los pistones se mueven juntos hacia arriba o hacia abajo; los movimientos mecánicos y las salidas eléctricas de los dos elementos están en fase y así, cada uno de ellos suministra la señal L — R contenida en la componente vertical de la modulación del surco.

La tabla 5 — 1 muestra cómo se suma la información de las señales originadas en el elemento L y cómo las del elemento R. Para el L, la señal L + R se agrega a la señal L — R resultando 2L (esto es, +R y —R se cancelan dejando solamente la información L). Para el elemento R, la señal — L — R se suma a la señal L — R, produciendo —2R. En conjunto, el elemento L produce sólo información L y el elemento R produce sólo información R; estas señales se inyectan en los canales izquierdo y derecho, respectivamente, de un sistema estereofónico. Puesto que la información R está fuera

Tabla 5-1. Señales que aparecen en los elementos de una cápsula 45/45 cuando se reproduce un disco estereofónico CBS

Elemento trasductor del canal derecho	Elemento trasductor del canal izquierdo
L + R	— L — R
L — R	L — R
2L	—2R

de fase con la L, se requiere la inversión de fase de uno de los elementos de la cápsula (fig. 510). La disposición de fases es la misma que para la reproducción de un disco grabado con el sistema 45/45 (figs. 424 y 425).

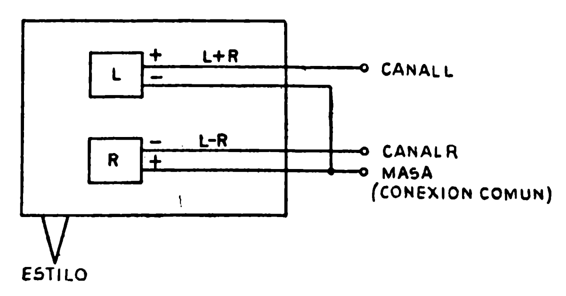


Fig. 510. *En el sistema CBS, es necesario invertir la fase de uno de los elementos de la cabeza reproductora.*

Habíamos supuesto que la señal diferencia L — R era de magnitud relativamente pequeña de modo que el ASRA no la reducía; consideremos ahora que L — R disminuye por efecto del ASRA,

a un nivel que podemos llamar L' — R', por lo cual, durante la reproducción, cada elemento transductor de la cápsula no produce una señal L o R pura. Para fijar ideas, supongamos que el ASRA transforma la señal L — R a la mitad de su valor original, es decir, a 0,5 (L — R); en consecuencia, al verificarse la reproducción, se suman en el elemento L la señal 0,5 (L — R) y la L + R, dando por resultado 1,5L + 0,5R. En otros términos, la señal de salida del elemento L está constituída predominantemente, pero no por completo, de señal L. De igual modo, la señal de salida del elemento R, después de la inversión de fase, es 1,5R + 0,5L; es decir, dominando R. El predominio de L en un canal y de R en el otro, es suficiente para preservar el efecto estereofónico.

Durante el proceso de grabación, las señales L y R tienen ordinariamente un alto grado de similitud por cuanto los dos micrófonos de estéreo captan el sonido desde una misma fuente de origen. En razón de esta semejanza, la señal diferencia L — R tiende a ser, por su composición, más reducida que la señal suma L + R. Aún sin el ASRA, la componente vertical del surco grabado, que contiene a L — R suele ser menor que si sólo se grabara verticalmente la señal L o la R, pero el ASRA asegura que la modulación vertical del surco se mantenga dentro de límites prescriptos.

Sistema con señal de referencia.

Asociado con el nombre de EMI en Inglaterra, existe una técnica de cuasi-estéreo a la que se asignan resultados dignos de mérito. Según se ilustra en la fig. 511, todo el sonido (señal) se registra como modulación lateral del surco mientras que la modulación vertical encierra la información (referencias) relativa a la dirección (parlante) desde la cual debe emitirse el sonido. Con el uso de dos o tres parlantes, un amplificador especial decide qué parlante debe producir la mayor parte del sonido en cada instante, partiendo de las referencias que se le introducen a través del elemento sensible al movimiento vertical de la cápsula reproductora. De este modo, el sistema de señal de referencia es muy similar al estéreo codificado.

Al efectuarse la grabación, se obtiene la información para el contenido vertical del surco en forma manual, con el concurso de un técnico entrenado musicalmente que controla una señal apropiada al tiempo que sigue la partitura; puede llevarse a cabo este proceso sobre la base de una cinta grabada en lugar de hacerlo desde la ejecución original.

También es posible allegar la información vertical automáticamente, ubicando micrófonos especiales para determinar si el sonido se emite principalmente desde la izquierda o desde la derecha. Las

señales de audio generadas por estos micrófonos pueden convertirse al tipo de información requerida para instruir al amplificador reproductor especial, sobre el volumen relativo de sonido que debe producir cada parlante.

Sistemas de frecuencia portadora.

En esencia, todas las frecuencias de audio de un canal en el sistema de frecuencia portadora, se cortan lateralmente en el surco. Las frecuencias de audio del segundo canal modulan una frecuencia supersónica (la portadora) y la señal modulada resultante se inscribe

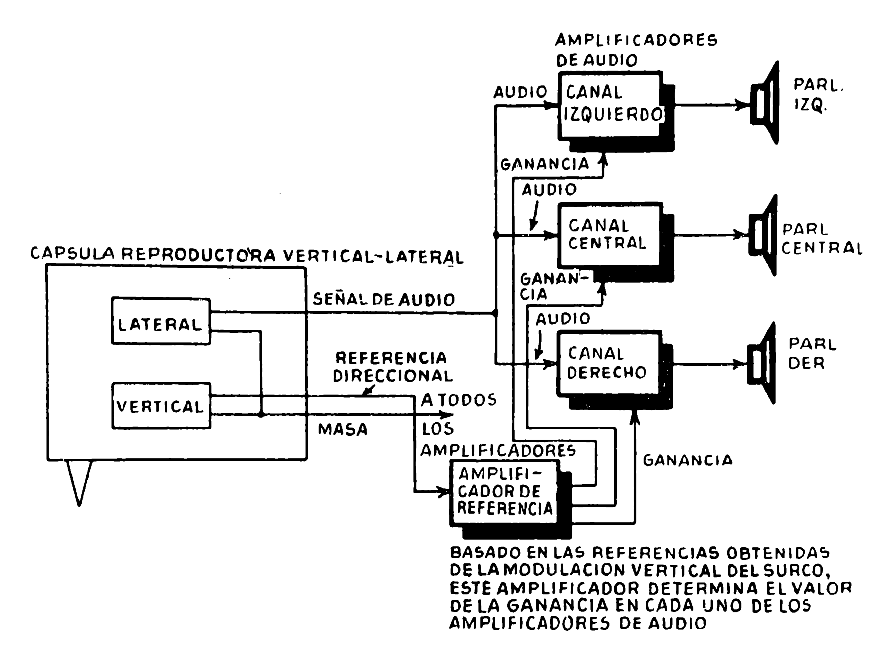


Fig. 511. *El sistema de cuasi-estéreo por señal de referencia es similar en muchos aspectos al estéreo codificado.*

también lateralmente en el surco. Para la reproducción se utiliza un pick-up monofónico; un requisito básico del mismo es que tenga una respuesta de altas frecuencias extremadamente buena para reproducir la frecuencia portadora modulada, situada en el rango supersónico (digamos 30.000 ciclos). La señal generada por la cápsula reproductora se introduce en un canal del sistema estereofónico; para obtener el otro canal, la frecuencia portadora se separa de las frecuencias de audio y a continuación, la información de aquél se extrae de la portadora mediante un circuito detector.

Sistema Minter.

El sistema Minter, es una versión refinada de la técnica de frecuencia portadora, que incorpora las ventajas del principio de suma y diferencia de frecuencias, como en el sistema de discos CBS y el sistema múltiplex Crosby de broadcasting. La información total de audio, que podemos llamar L + R, se graba lateralmente; la información de estéreo, L — R, se graba modulando una frecuencia portadora supersónica. Puesto que no hay modulación vertical en el surco, este tipo de grabación estereofónica es verdaderamente compatible en el sentido de que puede ser ejecutada con cualquier cápsula convencional para aplicaciones monofónicas. Para la reproducción estereofónica, el pick-up monofónico resulta todavía adecuado, supuesto que presente una respuesta conveniente en altas frecuencias.

El sistema Minter utiliza una portadora de 25.000 ciclos. Aunque muy pocos pick-ups convencionales tienen una respuesta tan extendida, los proponentes del sistema consideran que los fabricantes de cápsulas reproductoras, encuentran menos dificultoso producir una cápsula de tales características, que satisface los rigurosos requisitos de diseño de un pick-up para dos dimensiones, destinado a responder a la modulación 45/45 o vertical-lateral del surco y que incorpore dos elementos transductores con mínima modulación cruzada, baja distorsión, respuesta extendida en altas frecuencias, buena respuesta de bajas frecuencias, etc.

Compatibilidad.

El sistema Minter es compatible en cuanto permite reproducir los discos estereofónicos con un pick-up monofónico y suministra un sonido completamente satisfactorio si la señal del pick-up se inyecta directamente a un sistema sonoro monofónico. Además, la compatibilidad existe también en el proceso de grabación, puesto que no se requiere una cabeza cortadora de diseño radicalmente nuevo; no obstante, debe tener una respuesta relativamente uniforme hasta alrededor de 30.000 ciclos.

Se sostiene que el sistema Minter proporciona una separación entre canales de 30 a 40 dB, comparados con los 20 dB de otros sistemas. Por otra parte, el alineamiento azimutal (vertical) del estilo, no es crítico como en el caso del surco de dos dimensiones, donde un desalineamiento aumenta la modulación cruzada y la distorsión. El hecho de que el sistema Minter emplea una cápsula reproductora con un sólo elemento transductor en lugar de dos, atenúa los problemas de conservar reducida la masa, alta la compliancia y la resonancia por encima del rango de audio.

La figura 512 muestra en sus partes básicas el proceso de grabación utilizado por Minter. La señal R se invierte de fase para producir la —R; esta última se combina con la señal L en un "mezclador diferencia", dando L — R; la señal L — R se inyecta en un modulador de frecuencia donde modula una portadora de 25 Kc/s. La portadora modulada puede indicarse como 25 Kc/s'; ésta se conduce

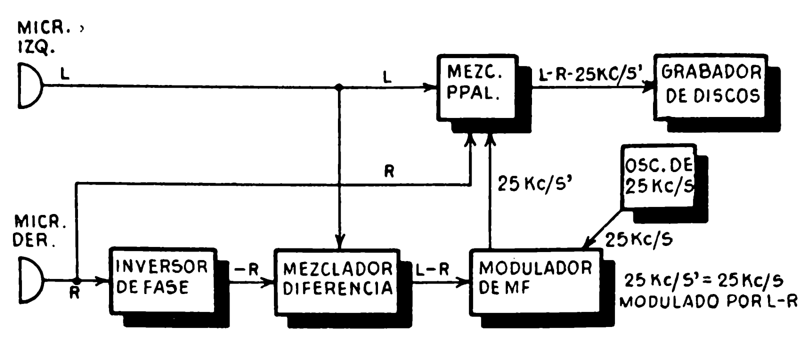


Fig. 512. *Instalación para grabación con el sistema estereofónico Minter.*

al "mezclador principal" para ser combinada con las señales L y R; la salida del mezclador principal es L + R + 25 Kc/s' (recuérdese que 25 Kc/s' es 25 Kc/s modulados por L — R). La salida total se introduce en una cabeza grabadora que inscribe un surco lateral.

Reproducción.

La figura 513 ilustra los elementos utilizados en el proceso de reproducción. La cápsula reproductora capta la señal combinada L + R + 25 Kc/s' y la entrega a un preamplificador especial. Un filtro separa la componente de 25 Kc/s', la que pasa a un detector de MF, donde se extrae la señal L— R. La señal L — R se inyecta al "mezclador izquierdo" donde se combina con la señal compuesta L + R + 25 Kc/s', dando por resultado 2L + 25 Kc/s', debido a que las señales R y —R se cancelan; ésta pasa al canal izquierdo del sistema estereofónico y aunque se halla presente la componente de 25 Kc/s', su frecuencia es demasiado alta como para ser audible. Por otra parte, la señal se somete en el preamplificador al deénfasis de agudos usual de la RIAA, lo que reduce en alto grado su magnitud.

La señal L — R, obtenida del detector de MF, pasa a un inversor de fase donde se convierte en R — L; ésta se combina en el "mezclador derecho" con la señal L + R + 25 Kc/s' para producir 2R + 25 Kc/s', que se conduce luego al canal derecho del sistema estereofónico.

La señal L + R aplicada a la cabeza cortadora contiene frecuen-

cias hasta de 15.000 ciclos aproximadamente; en cambio, la señal L — R que modula la portadora de 25 Kc/s, está limitada a alrededor de 8.000 a 10.000 ciclos. Esto impide que la portadora modulada interfiera con las señales de audio; no obstante, el efecto estereofónico que está contenido en la señal L — R, no depende en mucho de las frecuencias que están por encima de más o menos 8.000 ciclos.

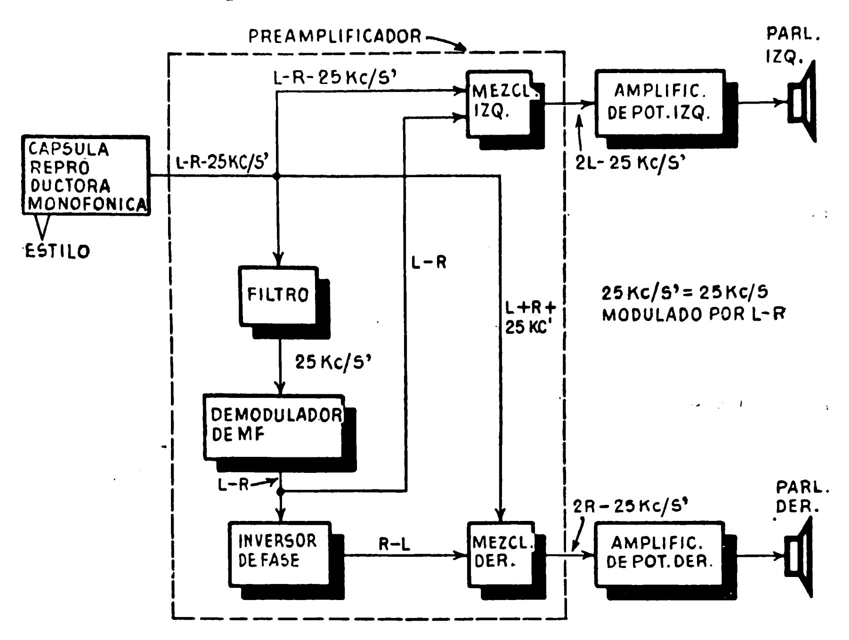


Fig. 513. *Elementos básicos requeridos para reproducir una grabación estereofónica Minter.*

En virtud de las muy altas frecuencias que deben ser registradas en el disco bajo el sistema Minter, hay mucho mayor peligro de que durante la reproducción, el estilo pueda saltar del surco en las curvas cerradas debido a la gran amplitud de las altas frecuencias grabadas. Por lo tanto, el nivel de grabación se mantiene alrededor de 3 a 4 dB inferior al de un disco monofónico de alta calidad. En cambio, el menor nivel de grabación significa que el surco resulta también más estrecho, puesto que se corta con menos profundidad, haciendo posible un espaciado de surcos más reducido que a su vez permite mayor tiempo de ejecución por cara del disco.

Si el estilo pierde contacto momentáneamente con el surco, como podría suceder en un pasaje grabado con mucha intensidad, desaparece temporariamente la portadora de 25 Kc/s y el resultado audible es un impulso moderadamente grave en el parlante. El problema puede ser superado incorporando un oscilador especial en el pre-

amplificador que continúa la frecuencia portadora durante la ausencia de contacto entre el estilo y el surco; este oscilador puede asimilarse a un volante electrónico.

Los sistemas descritos en este capítulo son de interés, puesto que señalan algunas de las numerosas aproximaciones posibles en las técnicas estereofónicas; sin embargo, ninguno de ellos se encuentra en uso comercial dado que todas las compañías de grabaciones han adoptado el sistema Westrex.

capítulo

6

el estéreo en cintas

El sonido estereofónico fué presentado al público por primera vez en la forma de cintas. Hacia fines de 1940, se disponía de aparatos de cinta y de cintas pregrabadas destinadas a la reproducción biauricular; pero tan pronto se vió que los auriculares constituían un estorbo, la atención se volvió a la estereofonía por medio de parlantes. En concordancia, los micrófonos se separaron unos metros durante la grabación para adaptarse a la disposición de los parlantes, en lugar de algunos centímetros como en el caso de los oídos humanos. Así, a principios de 1950, los audiófilos pioneros tenían a su alcance la estereofonía por medio de parlantes.

El estéreo en cintas no mostró todavía signos de progreso hasta unos cinco años más tarde, debiéndose la demora al lento desarrollo de máquinas para el hogar de precio relativamente reducido y con características mecánicas y eléctricas satisfactorias y a las dificultades que hubieron de superarse para producir cintas duplicadas de alta calidad a un precio razonable.

Los primeros reproductores de cinta con comportamiento mecánico y eléctrico que conformaron los requisitos de alta fidelidad, costaban cientos de dólares, algunos mucho más. La respuesta de frecuencias, distorsión, relación señal-ruido, "lloro" ("wow") y vibración ("flutter") y precisión de la velocidad de tales máquinas dejaba mucho que desear.

Los elementos que caracterizan un reproductor de cinta que merezca justificadamente el calificativo de alta fidelidad son: respuesta plana dentro de 2 dB desde 30 ciclos hasta por lo menos 12.000 ciclos, una relación señal ruido durante la reproducción no menor de 50 dB y preferiblemente 55 dB, distorsión armónica no mayor de 1 % y de 2 % en los picos, "wow" y "flutter" por debajo de 0,2 % y precisión de velocidad dentro del 0,2 %. Hacia 1956, el número de reproductores de cinta, de precio moderado y aproximadamente encuadrados en estas normas, había llegado a ser suficientemente grande como para hacer factible rápidos progresos de la cinta estereofónica. Por otra parte, hay en estos días un número importante de

máquinas de cinta proclamadas como de alta fidelidad y que distan considerablemente de ofrecer un resultado adecuado.

Duplicación de cintas.

Hay una sola manera práctica de copiar una cinta que contenga información de audio: debe reproducirse desde el comienzo hasta el fin y al mismo tiempo, grabarse la señal sobre el duplicado. Este es un proceso mucho más prolongado que el utilizado para la grabación de discos, donde la mayor parte de una hora de música puede estamparse de una sola vez en un plato de vinilite. Para producir duplicados de cintas en forma algo económica, fué necesario encontrar medios de efectuar una cantidad de copias simultáneamente y de reducir el tiempo de la operación.

En 1956, la tecnología de la duplicación de cintas había alcanzado un desarrollo tal, que podían producirse simultáneamente una docena de copias, a partir de una cinta maestra y con una velocidad de cuatro a ocho veces la normal. Así, en el caso de una cinta esteofónica de dos bandas conteniendo 32 minutos de música para el carrete completo y funcionando a 19 cm por segundo, podía fabricarse una docena de copias en 4 u 9 minutos. Los problemas de la duplicación de cintas no se refieren simplemente a la aceleración del proceso de copiado; una consideración principalísima es también la de preservar la calidad de la cinta maestra. La figura 601 muestra una máquina para duplicación de cintas, de funcionamiento satisfactorio, que conforma todos los requisitos.

Cuando los discos estereofónicos, mucho menos costosos, emergieron repentinamente sobre el horizonte, mermó el interés por la cinta; no obstante, la literatura actual indica que la interrupción del progreso fué sólo temporaria. La cinta y el disco estereofónicos tienen cada uno un papel que desempeñar; el disco sirve a aquel sector del mercado —probablemente el más numeroso— interesado tanto en el precio como en la calidad y la cinta, a aquellos dispuestos a pagar por la calidad suprema. En otros términos, se sostiene que la calidad general de la cinta sería superior a la del disco, del mismo modo que se proclama la superioridad de la cinta como medio para la reproducción monofónica. Pero todas las manifestaciones precedentes aluden solamente a las posibilidades de estos medios en la industria y no significan que la cinta sea siempre lo mejor.

La contracción en la venta de cintas estereofónicas y de máquinas reproductoras en 1958 fué causada también por tres nuevos desarrollos cuyo impacto no resultó inmediatamente claro, haciendo que los audiófilos esperaran por una definición de la situación antes de

proceder a invertir su dinero. Estos desarrollos, que se describirán más adelante en detalle, fueron:

1. Las cintas estereofónicas conteniendo cuatro bandas en lugar de dos, con la consiguiente duplicación del tiempo de ejecución para una cantidad de cinta dada o la reducción en el costo de la misma para un tiempo determinado de grabación. Dos de estas bandas se reproducían cuando la cinta se pasaba en una dirección

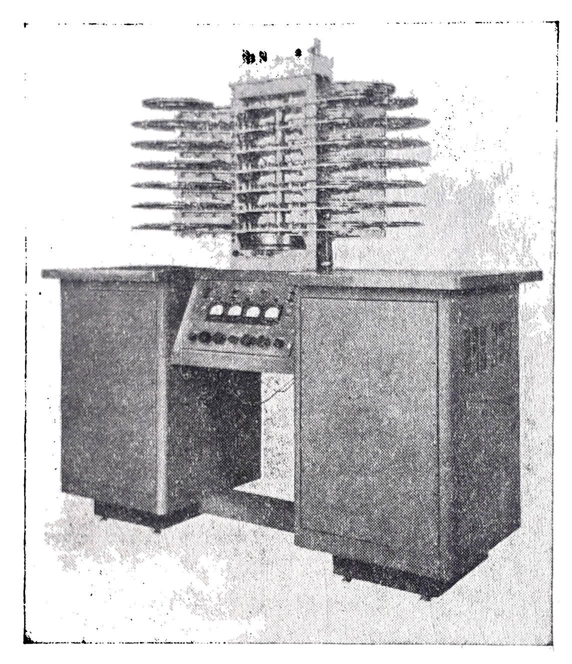


Fig. 601. *El duplicador de cintas Dubbings, puede producir 12 cintas simultáneamente.* (Cortesía de Dubbings Sales Corp.)

y las otras dos cuando los carretes se invertían y la cinta se movía, por lo tanto, en la otra dirección.

2. El cargador de cinta, eliminando la necesidad de enrollar carreteles, cargar la cinta pasando por cabezas y guías, etc. Desde este punto de vista, la cinta sería prácticamente tan simple de manejar como el disco fonográfico.

3. Grabación de cinta en alta calidad a una velocidad de 9,5 cm por segundo en lugar de la de 19 cm por segundo considerada hasta ese momento como el mínimo para alta fidelidad; una vez más era posible bien doblar el tiempo de ejecución, bien reducir a la mitad el costo.

Cinta versus disco.

Parece ser que la cinta es capaz de suministrar mayor fidelidad que el disco, aunque esto no significa que las cintas comerciales pregrabadas conformen sus potencialidades sobrepasando siempre la misma música en disco; también se encuentran cintas de mala calidad.

Basándose en un nivel de grabación que produzca no más de alrededor de 1 % de distorsión armónica, que corresponde a aproximadamente 3 a 5 % de distorsión por intermodulación, una cinta es de por sí capaz de presentar una relación señal-ruido cercana a los 65 dB. Este valor es muy próximo al rango dinámico de una orquesta en pleno, un gran grupo coral u otras fuentes masivas de música; rara vez el rango dinámico de éstas —diferencia entre los pasajes más sonoros y los más quedos— excede de 70 dB; los valores más típicos se avecinan a 60 dB y de allí que la cinta pueda reproducir todas las gradaciones de volumen de la música original. Los discos comunes están algo más limitados a este respecto, teniendo un rango dinámico de alrededor de 50 dB; si se intentara hacer que los pasajes más suaves de, digamos, una orquesta se reprodujeran con el mismo nivel relativo respecto de los más intensos que el que tenía en la ejecución original, los primeros quedarían por debajo del ruido producido por el material del disco —los pasajes más apagados resultarían inaudibles—. De acuerdo con esto, al producir una grabación fonoeléctrica es necesario emplear una considerable magnitud de comprensión; esto es, reforzar los pasajes más suaves y atenuar los más intensos de modo que la diferencia entre ellos quede dentro del alcance del disco.

Relación señal-ruido.

Está lejos de ser una cosa sencilla lograr el rango dinámico de que la cinta es capaz; el diseño y construcción de los aparatos electrónicos asociados debe ser preciso y el usuario habrá de tomar precauciones para mantener en un mínimo el ruido de aquéllos.

A medida que aumenta, el ruido producido por la máquina reproductora va enmascarando los pasajes más apagados —limitando así el rango dinámico— y en conjunto, interfiere con la audición placentera de la música. Aun entre las máquinas de mayor precio, de calidad profesional o semiprofesional, es raro encontrar relaciones señal-ruido en exceso de 55 dB por parte de los componentes electrónicos; en muy pocos casos se conseguirán relaciones tan altas como 60 dB, pero solamente en los más costosos aparatos.

Es bastante más fácil obtener una relación señal-ruido satisfactoria en los dispositivos electrónicos —preamplificador o amplificador de control— utilizados para la reproducción de discos fonográ-

ficos; son comunes relaciones en exceso de 55 dB alcanzando a valores tan altos como 75 dB en equipos para el hogar de costo moderado.

La mayor dificultad para lograr una relación señal-ruido conveniente (por lo menos 55 dB) en las cintas que en los discos, se debe parcialmente a la menor salida entregada por la cabeza registradora de la cinta que importa usualmente un máximo de alrededor de 2 ó 3 milivolts en los picos, para un nivel de distorsión aceptable. Señales de salida más elevadas exigen niveles de grabación que producen excesiva distorsión. Puesto que las cápsulas reproductoras fonoeléctricas entregan una salida sustancialmente mayor, hay menos probabilidades que el ruido de los equipos electrónicos alcance el nivel de la señal.

La desventaja de la cinta en el aspecto de la relación señal-ruido también emana de la ecualización requerida durante la reproducción. Tanto la cabeza registradora de cinta como la cápsula magnética requieren el refuerzo de bajos; pero la cabeza de cinta lo necesita en mayor grado y como consecuencia, aumenta la amplificación de zumbido. Además, la cápsula magnética exige la atenuación de agudos con lo que simultáneamente se reduce la amplificación de ruido, mientras que no se emplea tal atenuación en el caso de las cabezas registradoras; por el contrario, a menudo se utiliza en estas últimas el refuerzo de agudos para compensar la pérdida de los mismos. Un pick-up piezoeléctrico (cerámico o de cristal) desarrolla una señal muy superior a la de la cápsula magnética —del orden de 1 volt— y no requiere refuerzo de graves, de suerte que hay menos posibilidades de que el ruido generado por el amplificador, se eleve hasta el nivel de la señal de audio producida por la cápsula.

Para una velocidad de la cinta de 19 cm por segundo, considerada hasta ahora como normal para alta fidelidad, es absolutamente factible una respuesta de frecuencia hasta de 15.000 ciclos; tal respuesta parece más difícil de lograr con un disco fonográfico. La grabación y reproducción con cintas es un proceso electromagnético y no ocasiona movimientos oscilatorios mecánicos a regímenes de hasta 15.000 veces por segundo. En el caso de la reproducción fonoeléctrica, en cambio, el estilo grabador y el reproductor deben vibrar a tales regímenes originando problemas de índole física. Más aún, con el uso, las altas frecuencias tienden a desaparecer del surco del disco debido a las fuerzas desarrolladas por el rápido movimiento del estilo. En conjunto, parece que la cinta tiene ventajas sobre el disco en lo que toca a la respuesta de altas frecuencias; en la región de bajos, ninguno de los medios exhibe una decidida superioridad.

En lo que respecta al movimiento mecánico, la reproducción con cinta no aparenta ser mejor que con disco. El "wow" y el "flutter"

tienden a ser por lo menos tan grandes como en los platos toca discos de calidad comparable; en todo caso, los problemas de movimiento mecánico son más serios para los aparatos de cinta. La velocidad exacta es más fácil de obtener en los fonógrafos, muchos de los cuales incluyen ajustes que permiten absoluta precisión. Hasta ahora hay muy pocas máquinas de cinta que provean los medios de cerciorarse del grado de error en la velocidad y efectuar la corrección necesaria con facilidad.

El disco tiene una decidida ventaja en la sencillez del manejo. En comparación con el simple procedimiento de colocar una grabación en el plato giratorio y luego apretar un botón para el arranque automático o bien levantar manualmente el brazo para colocar el estilo sobre el disco, resulta mucho más complejo cargar un carretel de cinta en una máquina, pasarla por las cabezas y dispositivos guiadores y fijarla en el carretel colector. Si bien el cargador de cinta ofrece una operación comparativamente fácil, quedan aún por superar dos ventajas del disco: 1) permite al usuario localizar el comienzo de un pasaje en la mitad del disco; 2) lo capacita para ejecutar varias horas de música colocando varias grabaciones en un cambiador.

En lo que atañe al costo, el disco tiene hasta ahora una ventaja bien distintiva sobre la cinta: cuesta alrededor de un medio a un tercio de lo que ésta para el mismo tiempo de ejecución. No obstante, la diferencia de precio se reducirá sustancialmente cuando empiecen a utilizarse las cintas de cuatro bandas diseñadas para funcionar a 9,5 cm por segundo.

Aunque el costo inicial es mayor, la cinta es potencialmente menos costosa *por ejecución*; con los recaudos necesarios, puede pasarse miles de veces sin pérdida significativa de la calidad. Las precauciones consisten en desmagnetizar periódicamente las cabezas reproductoras para prevenir la introducción de ruido en la cinta y el borrado de las altas frecuencias y también, en mantener la cinta alejada del calor intenso y de fuertes campos magnéticos.

Existe la duda de si el usuario común reproducirá la cinta estereofónica suficiente cantidad de veces más que el disco como para materializar esta ventaja. Se ha sostenido que prestando cuidadosa atención a aspectos tales como presión de arrastre, limpieza y descarga estática del disco, etc., una grabación estereofónica puede conservarse muy próxima a su calidad original para un número de ejecuciones que varían de 50 a 300 [1]. Otros, en cambio, han afirmado que en poco tiempo las características estereofónicas, así como las de altas frecuencias del disco tienden a desaparecer, aun cuando

---

1 JOEL EHRLICH, "How Compatible Are Stereo Discs?", *Audiocraft*, octubre 1958.

el sonido de la grabación continúa puro. En resumen, las cintas estereofónicas presentan definidas ventajas prácticas sobre los discos en lo que a duración se refiere.

Sistemas para cinta estereofónica.

La figura 602 muestra los elementos esenciales de un sistema reproductor para cinta estereofónica. Suponiendo que la cinta se mueve de izquierda a derecha, la señal del canal izquierdo, L, se

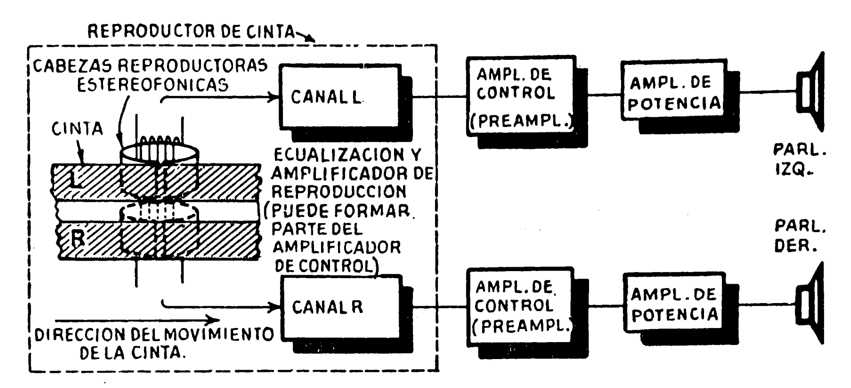


Fig. 602. *Los elementos fundamentales de un sistema reproductor para cinta estereofónica.*

graba sobre la porción (banda) superior de la misma, y la señal R se registra en la parte inferior.

El esquema magnético de cada banda corresponde a las señales de audio originalmente captadas por los micrófonos de estéreo. Cuando se pasa la cinta, cada banda es barrida por cabezas separadas,

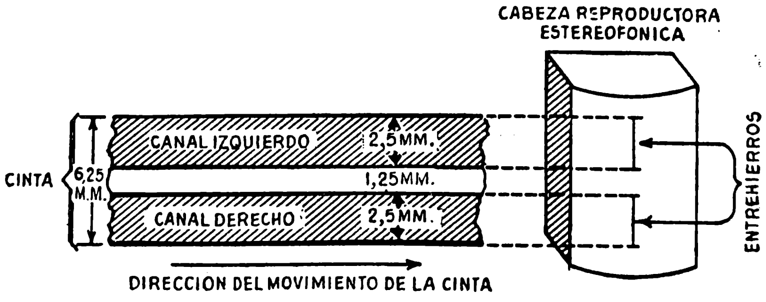


Fig. 603. *Las bandas de una cinta estereofónica están separadas por una zona de seguridad para evitar la modulación cruzada.*

usualmente combinadas en una caja, que generan tensiones en correspondencia con los esquemas magnéticos. Las tensiones de señal producidas por las cabezas, se inyectan a un amplificador para ser

amplificadas y ecualizadas a fin de producir una respuesta plana de frecuencias; el amplificador puede constituir o no, una parte del amplificador de control del sistema de audio. Suponiendo que el amplificador de cinta forma parte del aparato reproductor, las señales se inyectan entonces de la manera usual a los amplificadores de control, amplificadores de potencia y parlantes de estéreo.

Como se observa en la figura 603, cada banda tiene alrededor de 2,5 mm de ancho con una "zona de seguridad" de alrededor de 1,25 mm entre ambas, para impedir que la información de la banda L sea captada por la cabeza reproductora del canal derecho y recíprocamente. La captación de señal de un canal no correspondiente se conoce como modulación cruzada; al montar o al efectuar ajustes de la posición de las cabezas, debe cuidarse que estén correctamente colocadas en sentido vertical para prevenir este efecto.

Cintas en línea y cintas escalonadas.

Es una práctica casi universal emplear lo que se conoce como cabezas en línea (fig. 604). Éstas contienen dos secciones, cada una

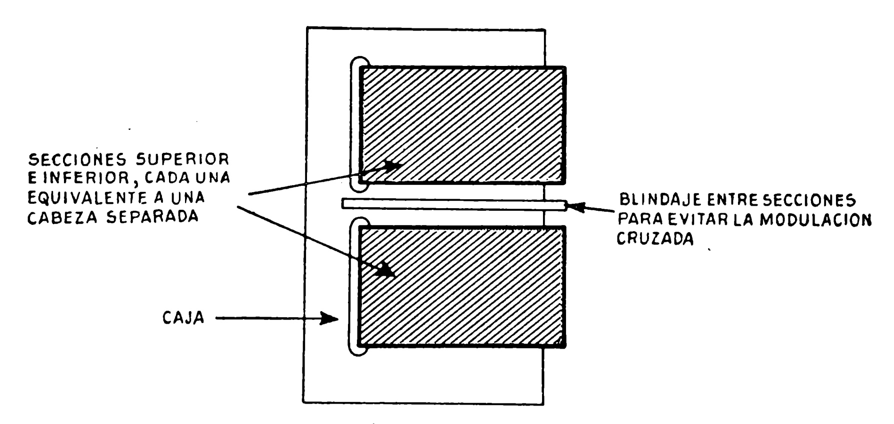


Fig. 604. *Construcción básica de una cabeza en línea para cinta estereofónica.*

equivalente a una cabeza separada, que se montan directamente una encima de la otra de modo que sus entrehierros —la porción que capta la señal de la cinta— queden en perfecto alineamiento vertical.

Hasta hace muy poco, por lo menos hasta 1957, era común utilizar la disposición de la figura 605: dos cabezas distintas se agrupaban en lo que se conoce como cabezas escalonadas, separadas entre sí de 32 mm aproximadamente. En un reproductor de cinta en que ésta se moviera de izquierda a derecha, la cabeza del canal L

quedaría a la izquierda con su entrehierro abarcando la banda superior, en tanto que la cabeza R se situaría a 32 mm a la derecha afectando la banda inferior.

Antes de 1957 se utilizaba la disposición escalonada, de modo que la mayor parte de las cintas estereofónicas pregrabadas que se expendían, estaban preparadas para ser reproducidas con este sistema.

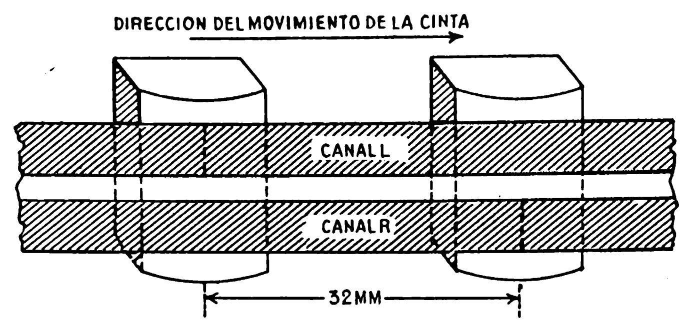


Fig. 605. *Las cabezas escalonadas, que se utilizan para la reproducción de cintas estereofónicas, han sido reemplazadas por el tipo en línea.*

Algunas de estas cintas existen aún, pero no pueden ser pasadas con una cabeza en línea a menos que se esté dispuesto a tolerar un retardo de tiempo entre los dos canales. Por ello, algunas de las máquinas de cinta incorporan una cabeza reproductora adicional para permitir al propietario ejecutar cualquiera de los tipos de cinta estereofónica.

Si en la reproducción, las cabezas de cada canal están espaciadas de modo diferente que en la grabación, se altera la relación de fase entre los dos canales estereofónicos; es decir, las señales de audio aparecen durante la reproducción, con porciones relativas del ciclo diferentes a las que tenían cuando fueron captadas por los micrófonos. Muchas autoridades consideran que este cambio en las relaciones de fase perjudica, o al menos altera, el efecto estereofónico y asignan especial importancia a la necesidad de mantener la misma distancia entre las cabezas (o entre sus entrehierros) en la grabación y en la reproducción; algunos opinan que debe asegurarse la exactitud del espaciado dentro de 2,5 micrones. Por esta, así como por otras razones, es que se han desarrollado las cabezas en línea, una encima de la otra, con sus entrehierros en una relación fija.

No resultaba una tarea técnica sencilla combinar el equivalente de dos cabezas en un alojamiento no mayor que el espacio anteriormente ocupado por una sola, disponer sus entrehierros en exacto alineamiento vertical e impedir que las dos secciones se interfirieran una con otra (modulación cruzada). Por consiguiente, las cabezas

en línea fueron inicialmente más costosas que las dos separadas convencionales diseñadas para reproducir sólo una banda.

El uso de una cabeza en línea en lugar de cabezas escalonadas simplifica el problema de hallar espacio en el transporte de la cinta para montar las cabezas. Además facilita el proceso del alineamiento azimutal; el entrehierro de la cabeza reproductora debe estar tan cerca como sea posible de formar ángulo recto con la dimensión longitudinal de la cinta según puede observarse en la figura 606.

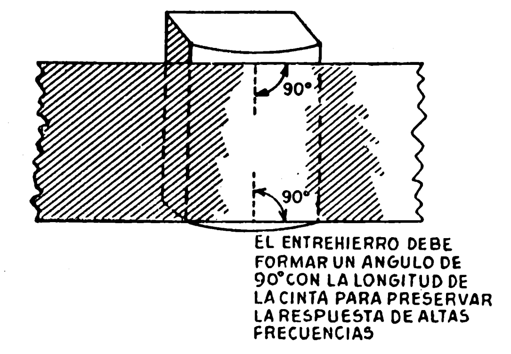


Fig. 606. *Si el entrehierro de la cabeza reproductora no forma ángulo recto con la cinta se producirán importantes pérdidas en la respuesta de altas frecuencias.*

Una ligera desviación de esta condición determinará una pérdida significativa de las altas frecuencias. Por último, el uso de cabezas en línea simplifica la ejecución de las correcciones; el corte y empalmado de una cinta escalonada debe hacerse en forma diagonal, mucho más difícil de realizar con precisión profesional que un corte en ángulo recto.

Sistemas de dos vías.

Ordinariamente, una cinta monofónica se inscribe con dos bandas en lo que se conoce como grabación de media banda, debido a que cada una de ellas ocupa aproximadamente la mitad del ancho de la cinta (intercalando una zona de seguridad). En un aparato en que la cinta se mueve de izquierda a derecha, se reproduce la banda superior de una cinta monofónica y cuando ésta ha pasado totalmente y los carreteles han sido permutados por el operador, disponiendo la cinta invertida, la otra banda pasa a ser la superior, pudiendo reproducirse a partir de la posición inicial. Esto elimina la necesidad del rebobinado, suponiendo que el oyente desea oír ambas bandas.

Pero una cinta estereofónica monopoliza ambas bandas y por lo tanto sólo puede reproducirse en una dirección; en tal caso la cinta se especifica como de una vía. Es obvio que para este tipo de cintas el rebobinado es siempre necesario, lo que resulta decididamente un

inconveniente, en particular, cuando se pasan piezas musicales de larga duración, tales como óperas, que insumen más de un carretel.

Además, una cinta estereofónica que solamente pueda reproducirse en una dirección contiene la mitad de música que una monofónica con programas en ambas vías. Puesto que en las cintas pregrabadas constituye un factor importante del costo el valor de la cinta misma, se justifica en buena parte el mayor precio de las cintas estereofónicas comparado con el de los discos; una relación de 2 a 1 o de 3 a 1 cuando se contrastan cintas funcionando a 19 c.p.s. con discos.

A efectos de reducir el costo y eliminar la necesidad del rebobinado, se han formulado propuestas para cintas estereofónicas de dos vías —también llamadas de cuatro bandas—. Dos de los sistemas presentados difieren en ligeros pero importantes aspectos; uno de ellos, ilustrado en la figura 607, fué sugerido por la Shure Bro-

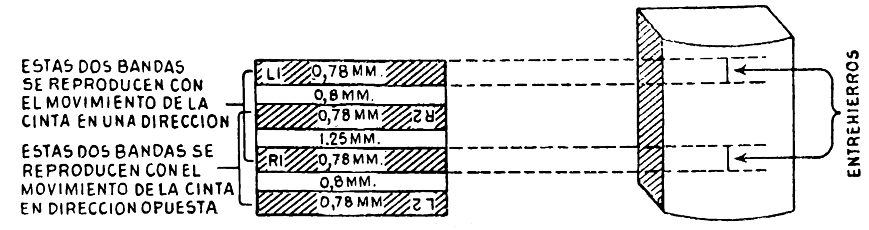


Fig. 607. *El sistema Shure de dos vías para cinta estereofónica, aumenta el tiempo de ejecución.*

thers, fabricantes de cabezas reproductoras. En una cinta que se mueva de izquierda a derecha, las bandas L1 y R1 suministran, respectivamente, los canales L y R de la información de estéreo; una

Fig. 608. *Comparación del sistema Shure con una cinta estereofónica convencional.*

vez pasada la cinta en una dirección y permutados los carreteles, las señales estereofónicas son provistas por las bandas L2 y R2.

La figura 608 compara el espacio ocupado por las bandas en el sistema Shure y las de una cinta estereofónica convencional de una vía.

Las cuatro bandas caben en el mismo espacio utilizado por las de la cinta de una vía y se mantiene la misma zona de seguridad de 1,25 mm en el centro. En consecuencia, una cabeza diseñada para reproducir cintas de cuatro bandas puede hacerlo también con cintas de una vía, pero en tal caso, los entrehierros más reducidos de una cabeza para cuatro bandas cubrirían sólo alrededor de un tercio de las bandas de 2,5 mm correspondientes a una cinta de una vía, con lo que se obtendría una menor señal de salida con aquellas cabezas que con una normal diseñada para dos bandas.

Las bandas más estrechas del sistema de dos vías constituyen una desventaja en lo que se refiere a la relación señal-ruido; cuanto más ancha es la banda, tanto mayor es la magnetización de la cinta y por consiguiente la tensión de señal producida por la cabeza reproductora. La reducción del ancho de cada banda a alrededor de un tercio del asignado a los sistemas de una vía, determina una disminución apreciable de la relación señal-ruido. Considerando que los reproductores de cinta deben esforzarse mucho para lograr una relación señal-ruido que se acerque a 55 dB, la pérdida de varios dB en esta relación motivada por la estrechez de las bandas puede resultar perniciosa.

Como compensación, puede recuperarse algo de esta pérdida en la relación señal-ruido, confeccionando las cabezas reproductoras con un mayor número de vueltas en las bobinas ya que en tal caso sería más elevada la tensión de salida. Pero este procedimiento tiene limitaciones a causa de que al aumentar el número de espiras, se hace mayor la captación de zumbido —reduciendo la relación señal-ruido— y se elevan las pérdidas en las altas frecuencias en virtud de la capacitancia entre espiras. Por consiguiente, deben aplicarse medidas más rigurosas y más onerosas para blindar, a la cabeza reproductora, de las fuentes de zumbido y deben emplearse conexiones más cortas entre la cabeza y los componentes electrónicos que le siguen para mantener en un mínimo la capacitancia sobre aquélla y preservar así la respuesta de altas frecuencias.

La cinta consiste esencialmente de una capa de partículas de óxido ferroso finamente dispersadas en un material que las liga a una base plástica. Las partículas diminutas de óxido magnético se esparcen tan homogéneamente como es posible, pero es difícil lograr resultados casi perfectos, excepto a un costo excesivo (la cinta de alta calidad para computadoras electrónicas cuesta el equivalente de 50 a 100 dólares para un carretel de 360 metros contra aproximadamente 3 dólares para un carretel similar de cinta de audio). Las irregularidades en la cobertura de la cinta producen ruido y lo que se conoce como "extinciones", una ausencia o casi ausencia de información grabada. Cuando se utiliza una porción relativamente

ancha de la cinta para inscribir una banda, las irregularidades tienden a promediarse y cancelar sus efectos; pero cuando la banda es muy angosta, hay menos posibilidades para que esto suceda de modo que los efectos resultan mayores siendo más notables los chasquidos, ruidos de otra clase y extinciones.

Como una solución parcial a los problemas originados por las bandas estrechas en las cintas de dos vías, la RCA ha llevado adelante una versión algo diferente de la cinta de cuatro bandas; la cual aparece ilustrada en la figura 609. En tanto que la distribución de las bandas es similar a la de la figura 607 y 608, el espaciado es diferente; en el sistema RCA, las bandas son alrededor de 50 % más anchas que en el sistema Shure, con un consecuente aumento en la señal de salida de la cabeza reproductora. Al mismo tiempo, las zonas de seguridad entre bandas son más reducidas y la zona del centro no es ya de la magnitud correspondiente a la cinta estereofónica de una vía.

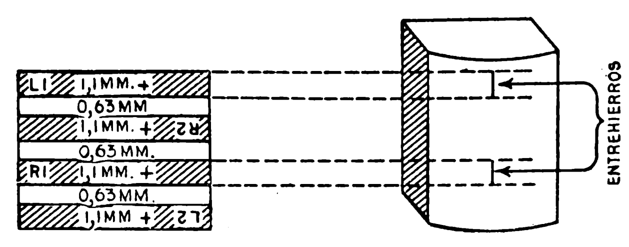


Fig. 609. *El sistema RCA de dos vías para cintas estereofónicas, hace uso de bandas más anchas con menor espaciado entre ellas que el sistema Shure.*

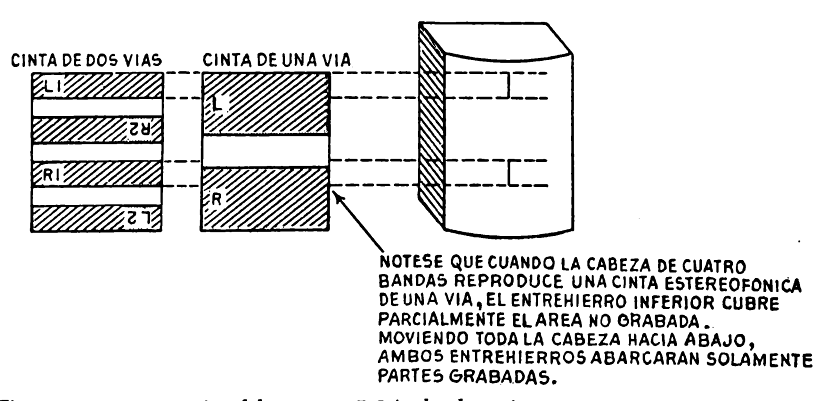


Fig. 610. *Comparación del sistema RCA de dos vías con una cinta convencional.*

La figura 610 establece una comparación entre las bandas de la

cinta de dos vías RCA y las de la cinta de una vía; si esta última se reproduce con una cabeza de cuatro bandas, el entrehierro inferior de la cabeza en línea cubrirá menos área grabada que el superior y por lo tanto, la sección inferior entregará menos señal de salida que la superior. Para obviar esta dificultad, algunas máquinas reproductoras incorporan un dispositivo que mueve la cabeza ligeramente

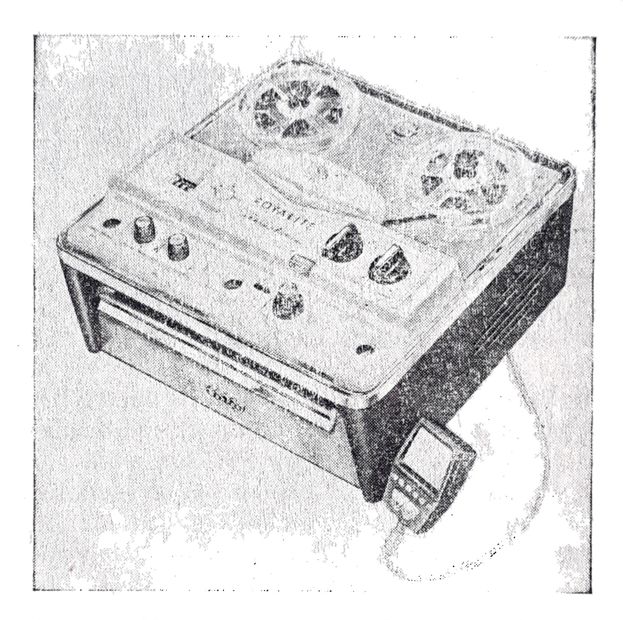


Fig. 611. *Máquina para cinta estereofónica con medios para mover las cabezas hacia arriba en la reproducción de cintas de dos vías y hacia abajo cuando se pasan cintas estereofónicas convencionales o monofónicas.* (Cortesía de Webcor, Inc.)

hacia abajo cuando se reproducen cintas estereofónicas de una vía; un aparato así se muestra en la figura 611.

Existe siempre la posibilidad de que el problema originado por las cintas estereofónicas de cuatro bandas sea parcialmente resuelto por los perfeccionamientos introducidos en la cinta misma. En el pasado se han verificado mejoras en lo que concierne a la magnitud de la señal que la cinta puede aceptar sin producir distorsión notable, lo mismo que en el ruido y en el efecto de extinción. Se concibe que el futuro puede deparar avances similares, aunque no en el mismo grado. Por otra parte, los refinamientos de las cabezas y de los componentes electrónicos en los amplificadores que las siguen, son también susceptibles de desempeñar un papel en la recuperación de la relación señal-ruido perdida a través del uso de bandas angostas.

El cargador de cinta.

Un obstáculo para la aceptación en gran escala de la cinta como un medio comercial destinado a la reproducción del sonido en el hogar, ha sido el proceso relativamente engorroso de pasar una cinta comparado con la simplicidad de ejecutar una grabación fonográfica. Para simplificar la reproducción de una cinta así como para reducir



Fig. 612. *El cargador RCA, utilizado con cintas grabadas por su método, contiene hasta 1 hora de música.*

el costo de las pregrabadas, la RCA introdujo el cargador de cinta. Como se ve en la figura 612, la cinta se encierra en un continente plástico que mide 18 cm de largo, 12,5 de ancho y sólo 12,7 mm de profundidad. La caja se coloca en una máquina reproductora especial diseñada para este propósito y la cinta engancha las cabezas y el mecanismo transportador como se ve en la figura 613. Los carreteles en la caja plástica están inmovilizados por un freno automático que se libra cuando el cargador se ubica correctamente en la máquina reproductora; la cinta comienza a reproducirse cuando se presiona un botón.

Al tiempo que se obtiene sencillez de manejo con el uso del sistema cargador, el costo se reduce con estos dos expedientes: 1) grabando cuatro bandas en la cinta de la manera previamente explicada; 2) haciendo funcionar la cinta de 9,5 cm/seg en lugar de 19 cm/seg considerada hasta ahora como la mínima velocidad para las aplicaciones de alta fidelidad. Estas reformas están calculadas en conjunto para disponer 60 minutos de música en un cargador a un costo inferior a la mitad del que tienen las cintas estereofónicas actuales de dos vías funcionando a 19 cm/seg.

El aumento del tiempo de ejecución logrado por medio de la

transición desde la cinta de una vía funcionando a 19 cm/seg a la de dos vías para 19 cm/seg. ó 9,5 cm/seg, se pone de manifiesto en un carretel de 180 metros de cinta:

Modo de funcionamiento	Tiempo de ejecución
Una vía, 19 cm/seg.	16 minutos
Dos vías, 19 cm/seg.	32 minutos
Dos vías, 9,5 cm/seg.	64 minutos

Recíprocamente, para un tiempo de ejecución dado, el funcionamiento en dos vías a 9,5 cm/seg permite lograr una reducción sustancial en la cantidad de cinta. Esto se demuestra gráficamente en la

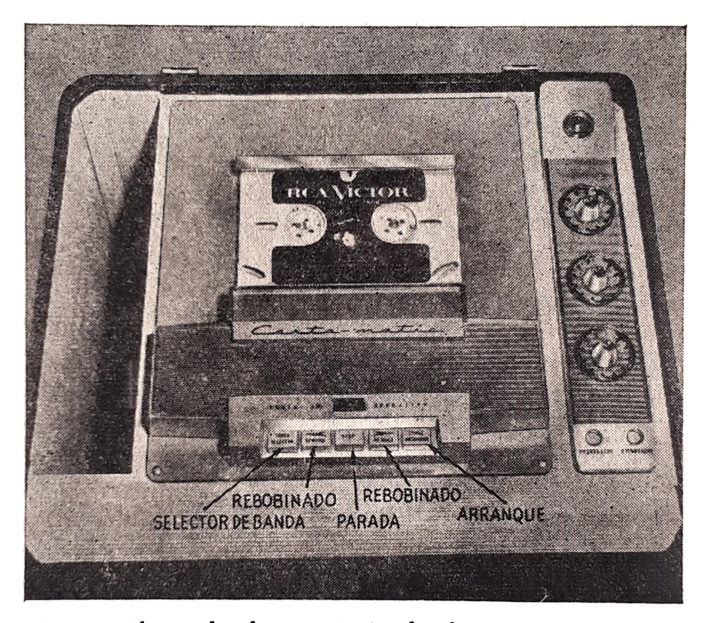


Fig. 613. *El cargador de cinta RCA colocado en su posición en un reproductor de cinta especial.*

figura 614; a la derecha se ve la longitud de cinta requerida para reproducir alrededor de 1/2 hora de música en una cinta estereofónica de una vía a 19 cm/seg —aproximadamente 360 metros; a la izquierda se observa la cantidad de cinta a utilizar cuando se opera sobre la base de dos vías y a 9,5 cm/seg— alrededor de 90 metros. El costo de la cinta pregrabada no disminuye, desde luego, tan rápidamente como la cantidad de cinta demandada por un tiempo de ejecución dado.

La conveniencia del cargador de cinta se perdería a menos que se provean los medios para detener la cinta automáticamente des-

pués que se haya pasado totalmente; esta función la cumple el reproductor especial diseñado para acomodar el cargador. Hay además algunos modelos de estos reproductores que invierten automáticamente la cinta una vez que la misma ha completado su recorrido; para hacerlo es necesario incorporar en la máquina otra cabeza reproductora, o bien proveer los medios de modificar la posición de la existente a fin de barrer las bandas apropiadas.

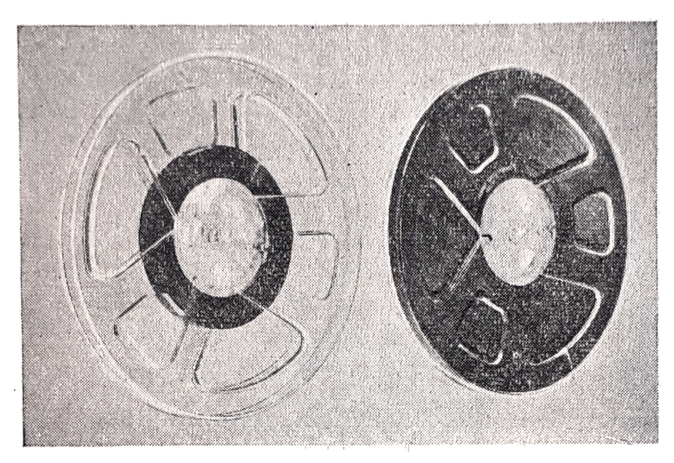


Fig. 614. *El carretel lleno contiene cinta estereofónica convencional y producirá música durante el mismo tiempo que la cinta de cuatro bandas de menor longitud*

Uno de los problemas provenientes del propósito de emplear la velocidad de 9,5 cm/seg para aplicaciones de alta fidelidad, es el que se relaciona con el "wow" y el "flutter", o sea, variaciones lentas o rápidas de la velocidad. Un transportador de cinta que funcione a alta velocidad, tiene mayor inercia mecánica y por lo tanto menor susceptibilidad a las fluctuaciones de la velocidad que otro que opere a baja velocidad; a 9,5 cm/seg se requiere habilidad técnica de alto orden para mantener el "wow" y el "flutter" por debajo de 0,25 %.

Otro de los problemas originados por la velocidad de 9,5 cm/seg, y probablemente el más serio, es el que se relaciona con la adecuada respuesta de altas frecuencias.

Respuesta de frecuencias.

Las cintas estereofónicas comerciales diseñadas para funcionar a 19 cm/seg se graban generalmente de tal manera que exigen, durante la reproducción, una buena proporción de refuerzo de graves; la cantidad de ecualización necesaria se muestra en la fig. 615 y se la conoce como ecualización NARTB. Para cintas de 9,5 cm/seg la

ecualización de reproducción es frecuentemente la que se muestra en la figura 616. En cualquiera de las velocidades, la falta de una ecualización correcta determinará excesivos o insuficientes graves o agudos. Tomando como ejemplo la cinta de 19 cm/seg, no es des-

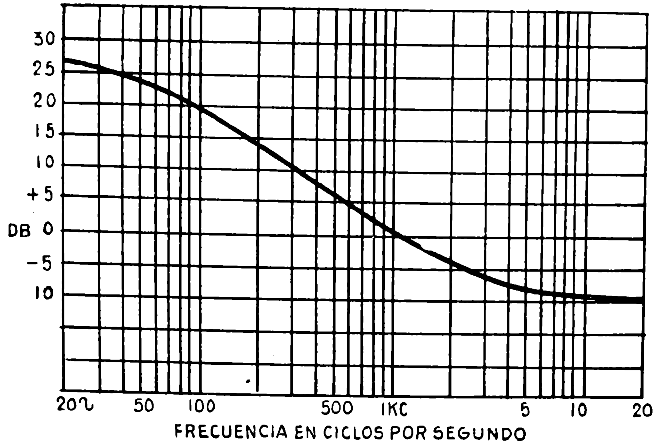


Fig. 615. *Ecualización NARTB para reproducción de una cinta de 19 cm. p. s.*

usado encontrar máquinas reproductoras o amplificadores de control (en los casos en que la señal de la cabeza se inyecta directamente al amplificador de control para ser ecualizada) que ofrecen mucho

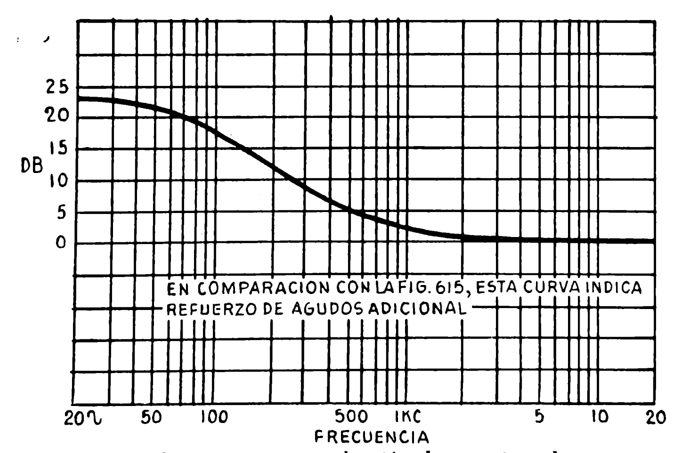


Fig. 616. *Ecualización para reproducción de una cinta de 9,5 cm. p. s.*

menor refuerzo de graves que el establecido; el resultado es graves insuficientes y excesivos agudos.

La respuesta adecuada en agudos depende de: 1) la velocidad de la cinta —cuanto más alta es, tanto mayor es la respuesta de fre-

cuencias de que el sistema es capaz—; 2) la cinta —hay algunas variaciones entre los diferentes tipos y calidades de cinta en lo que se refiere al rango de altas frecuencias—; 3) la corriente de polarización (corriente de alta frecuencia aplicada a la cabeza grabadora simultáneamente con la señal de audio, para reducir la distorsión y aumentar la amplitud de la señal registrada sobre la cinta); cuanto mayor es la corriente de polarización, tanto más pobre es la respuesta de altas frecuencias; 4) el ancho del entrehierro en la cabeza reproductora —si es más reducido, mejora la respuesta de agudos—; 5) el énfasis de agudos en la grabación para superar la pérdida de los mismos que se opera en el proceso de imprimir una señal en la cinta.

La decisión de utilizar la velocidad de 9,5 cm/seg para aplicaciones de alta fidelidad originó problemas relacionados con los siguientes factores:

1. Velocidad de la cinta: si se tiene una respuesta relativamente plana hasta 15.000 ciclos con una velocidad de 19 cm/seg, pasando a la velocidad de 9,5 cm/seg sin ninguna otra modificación, se limitará la respuesta a sólo 7.500 ciclos; pero para aplicaciones de alta fidelidad, se considera un requerimiento mínimo la respuesta plana hasta por lo menos 10.000 a 12.000 ciclos.

2. La cinta: si bien pueden introducirse algunas mejoras en la cinta para contribuir a la extensión del rango de agudos con la velocidad de 9,5 cm/seg, no deben esperarse progresos muy importantes en este aspecto.

3. Corriente de polarización: es muy posible que para reducir los efectos de la atenuación de agudos, tenga que emplearse menos corriente de polarización en las cintas de 9,5 cm/seg que la que se utiliza actualmente para las de 19 cm/seg; sin embargo, la diferencia puede dar lugar a una mayor distorsión, dado que ésta crece en la medida en que disminuye la polarización. Un aumento importante de la distorsión puede evitarse grabando a niveles menores, ya que a mayor nivel, mayor distorsión, pero esto va en perjuicio de la relación señal-ruido. En general, una menor polarización puede imponer bien un aumento de la distorsión, bien una disminución de la relación señal-ruido o bien una combinación de ambos efectos (la reducción de la señal grabada puede compensarse con una mayor eficiencia de las cabezas reproductoras, que le permitan producir más señal con una cantidad dada de magnetización en la cinta).

4. Ancho del entrehierro: para grabación a 19 cm/seg se considera adecuada una cabeza reproductora con un entrehierro de 6,3 micrones que determina una pérdida de sólo 4 ó 5 dB a 15.000 ciclos, la que puede neutralizarse fácilmente (si se considera necesario) con

un refuerzo de agudos. Pero si se utiliza esa cabeza a 9,5 cm/seg, se tendría como resultado una pérdida extremadamente grande más allá de los 10.000 ciclos. Se han desarrollado recientemente cabezas reproductoras con entrehierros de solamente 0,23 micrones que presentan muy reducidas pérdidas hasta 15.000 ciclos. Por otra parte, a igualdad de otros factores, una cabeza con un entrehierro muy estrecho tiende a entregar menor señal de salida que una de entrehierro más ancho, provocando de este modo una reducción de la relación señal-ruido.

5. Refuerzo de agudos en la grabación: al grabar cintas de 19 cm/seg, se introduce una gran proporción de refuerzo de agudos (en exceso de 20 dB) para lograr una respuesta que se extienda hasta alrededor de 15.000 ciclos. Refuerzos por encima de 20 dB provocan excesiva distorsión del material grabado en la cinta. En la grabación a 9,5 cm/seg, si se ha de extender la respuesta a extremos tan altos, se requieren refuerzos de agudos considerablemente mayores de 20 dB, por lo cual, para evitar la excesiva distorsión, se hace necesario grabar en 9,5 cm/seg a un nivel algo inferior que en 19 cm/seg, lo que significa disminuir la relación señal-ruido.

En resumen, las cintas de 9,5 cm/seg presentan problemas bien definidos si se pretende cumplir con los dictados de la alta fidelidad; no obstante, puede esperarse que los perfeccionamientos tecnológicos darán lugar a soluciones satisfactorias, aunque algunas de ellas estén aún a varios años de distancia.

Modulación cruzada.

La modulación cruzada entre canales representa un problema de mucho menor envergadura en las cintas que en los discos estereofónicos, pudiendo obtenerse en las primeras una separación de 40 dB o más. La principal fuente de modulación cruzada se localiza en la cabeza en línea, donde la gran proximidad de las secciones origina acoplamiento de la señal entre las mismas; es decir, cada sección tiende a captar por inducción magnética algo de la señal presente en la otra.

Aunque no resulta objetable la existencia de una ligera modulación cruzada cuando se reproducen cintas estereofónicas, el problema aparece cuando se utiliza una sección de una cabeza en línea para ejecutar media banda de una cinta monofónica. Si la sección superior de la cabeza se aplica a la reproducción de la banda correspondiente de la cinta, la sección inferior, aunque inactiva, captará señal de la respectiva banda y algo de esta señal será inductivamente transferida a la sección superior de la cabeza. La presencia de señal de la banda inferior, completamente desvinculada en una cinta

monofónica de la banda superior (por añadidura la banda inferior se recorre en dirección contraria), puede provocar perturbaciones aun en ligeras cantidades y particularmente durante las pausas de la señal que se está reproduciendo. Es aconsejable que el audiófilo deseoso de ejecutar cintas monofónicas con la misma eficiencia que las estereofónicas, preste cuidadosa atención a las características de modulación cruzada de la cabeza en línea; resulta necesaria una separación de por lo menos 50 dB para el uso satisfactorio de tales cabezas.

El problema de la modulación cruzada tiene menos importancia en una cabeza en línea diseñada para la operación en dos vías (cuatro bandas), que en una destinada a la reproducción en una vía (dos

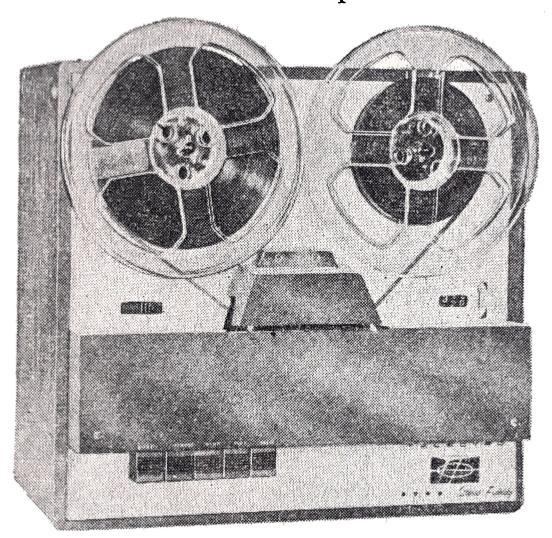


Fig. 617. *Transportador de cinta estereofónica diseñado para ser usado con medios externos de amplificación.* (Cortesía de Telectrosonic Corp.)

bandas). En las figuras 607 y 609, la distancia entre los entrehierros es mayor para las cabezas de dos vías; en el sistema Shure, la distancia indicada es de 2,85 mm y en el RCA, de 2,36 mm, en comparación con la de 1,25 mm correspondiente a las cabezas de una vía. Siendo mayor la distancia que separa los entrehierros de una cabeza en línea, hay más posibilidades de blindar una sección con respecto a la otra a efectos de reducir la modulación cruzada.

Instalaciones para cintas estereofónicas.

La persona que se procure el sonido estereofónico por medio de cintas, encontrará que la "máquina" que ha adquirido puede cons-

tituir, en cuanto a las funciones que cumple, una parte de un conjunto de varios elementos. Esta parte puede variar desde algo tan simple como un mecanismo transportador que sólo mueve la cinta pasándola por las cabezas, sin el agregado de componentes electrónicos, hasta un sistema de audio completo incluídos los parlantes. A continuación se dan las variaciones básicas en el "equipo" que el audiófilo puede adquirir de los fabricantes de reproductores de cinta.

1. Un mecanismo transportador de cinta, tal como el que se muestra en la figura 617, en el que la señal de la cabeza reproductora se inyecta directamente a los amplificadores de control del sistema

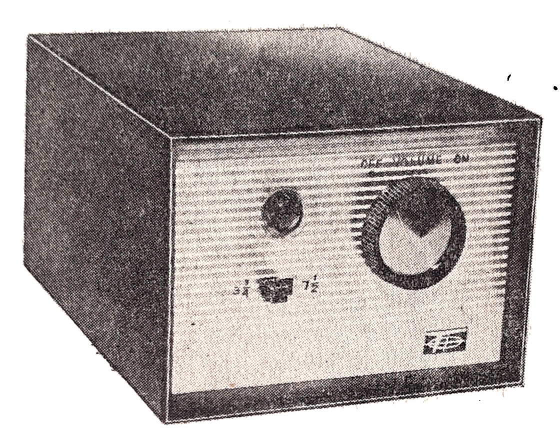
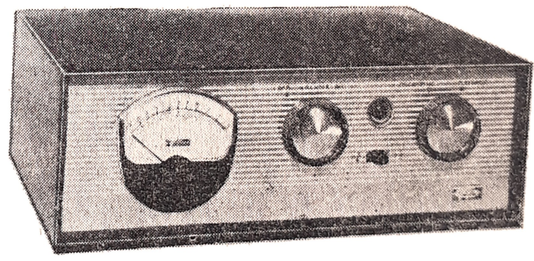


Fig. 618. *Dos tipos de amplificadores independientes para cinta. Arriba: unidad diseñada sólo para reproducción. Abajo: unidad más compleja que incluye medios para grabación y reproducción. En aplicaciones estereofónicas, las unidades mostradas se utilizan por pares.* (Cortesía de Telectrosonic Corp.)



de audio. Es en la actualidad una práctica común, que los amplificadores de control incorporen la ecualización y la amplificación adicional requeridas para aceptar la señal de la cabeza y producir una respuesta plana, a un nivel de tensión suficiente para excitar un amplificador de potencia. Empero, debe adoptarse una precaución: el cable entre las cabezas y los amplificadores de control se ha de mantener corto para disminuir la pérdida de altas frecuencias.

2. Una unidad que consiste de un transportador de cinta junto con los componentes de reproducción, pudiendo adquirirse estos últimos por separado (ver fig. 618). Estas unidades suministran la

ecualización y la amplificación necesarias para convertir la señal de la cabeza reproductora en una señal plana de tensión suficientemente alta, como para excitar un amplificador de control o un amplificador de potencia.

3. Un transportador de cinta con componentes destinados no solamente a la reproducción, sino también a la grabación de modo



Fig. 619. *Aquí vemos un equipo adicional para usar con un transportador de cinta. En el estante superior está ubicado el sintonizador especial y en el estante inferior, los amplificadores para grabación y reproducción. Con este equipo se pueden grabar directamente audiciones estereofónicas.* (Cortesía de H. H. Scott, Inc.)

que el audiófilo pueda producir sus propias cintas. En algunas ocasiones hay medios de grabación para un solo canal quedando confinado al sistema monofónico; en otras, hay facilidades para grabar en dos canales a fin de hacerlo en la modalidad estereofónica. Ciertas unidades como las descritas, se proveen con uno o dos micrófonos y otras no incluyen ninguno.

4. Un equipo que contiene no sólo los componentes de grabación y reproducción sino también los amplificadores de potencia y los parlantes. A veces hay sólo un amplificador y un parlante o bien, dos amplificadores y dos parlantes (uno o ambos parlantes fuera del gabinete del aparato reproductor); otras veces hay dos amplificadores de potencia y un parlante. En el caso que no se provea la dotación completa de dos amplificadores de potencia y dos parlantes, se supone que el usuario ha de completarla. La figura 619 ilustra parte de un conjunto para cinta estereofónica.

capítulo

7

técnicas microfónicas para estereofonía

En muchos aspectos, resulta valioso para el audiófilo un conocimiento rudimentario de los problemas y de las técnicas relacionadas con la forma de disponer los micrófonos en la grabación estereofónica. Tal conocimiento puede ofrecerle indicaciones sobre la manera de distribuir sus parlantes ya que ciertas técnicas microfónicas suponen una correspondencia entre la ubicación de aquéllos y la de los micrófonos, y será de aplicación directa en el caso de que adquiera un grabador de cinta estereofónica y efectúe sus propias grabaciones en el hogar, escuela, iglesia o lugares semejantes.

Las técnicas microfónicas de estéreo no pueden seguir reglas rígidas; cada situación tiene características especiales y por lo tanto, una solución específica al problema. La posición óptima del micrófono depende de la naturaleza de la fuente de sonido, de las características del lugar de la ejecución, de los tipos de micrófono utilizados y aún de las particularidades del ambiente en que se verifica la reproducción. De este modo, los mejores resultados se lograrán con la experimentación más bien que con una sumisión a un grupo de reglas; existen en cambio algunos principios orientadores traducidos en varios métodos básicos de grabación estereofónica.

Grabación biauricular.

La reproducción estereofónica por medio de cintas se destinó originalmente a la audición con auriculares, recibiéndose los canales izquierdo y derecho a través de los auriculares homólogos. La técnica original para la disposición de los micrófonos consistía en utilizar dos de ellos distanciados alrededor de 20 centímetros y separados por una división cuya forma y tamaño semejaba una cabeza, tal como se ve en la figura 701. En esta forma, los dos micrófonos tomaban el lugar de los oídos del espectador de la ejecución original y el sonido

que llegaba a cada uno de ellos, se conservaba por intermedio de la cinta hasta ponerlo al alcance del oyente (fig. 702).

A los fines prácticos, resultaba bastante incómodo montar los micrófonos en una cabeza de maniquí; una forma de obtener la misma



Fig. 701. *En la grabación biauricular, los micrófonos están separados por el ancho de la cabeza humana. Podría entonces utilizarse una cabeza de maniquí con los micrófonos insertados en la posición de los oídos.* (Cortesía de Amplifier Corp. of America.)

separación se muestra en la figura 703 que ilustra un soporte diseñado para fijar los dos micrófonos con una división rectangular entre ellos.

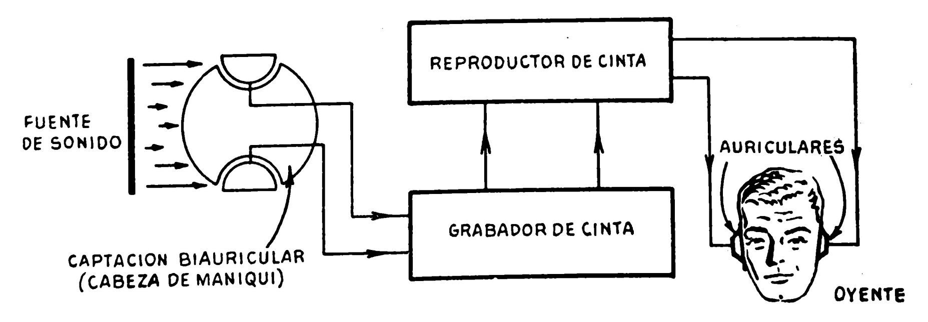


Fig. 702. *Elementos esenciales de un sistema biauricular*

Técnica de tiempo-intensidad.

Cuando llegó a ser evidente que el público no aceptaba gustoso la reproducción biauricular y que la estereofonía, para representar un suceso comercial, tenía que llegar al oyente por medio de par-

lantes y no de auriculares, los micrófonos se distanciaron algunos metros como se ve en la figura 704, en lugar de centímetros. Puesto que el resultado de tal separación era producir una diferencia osten-

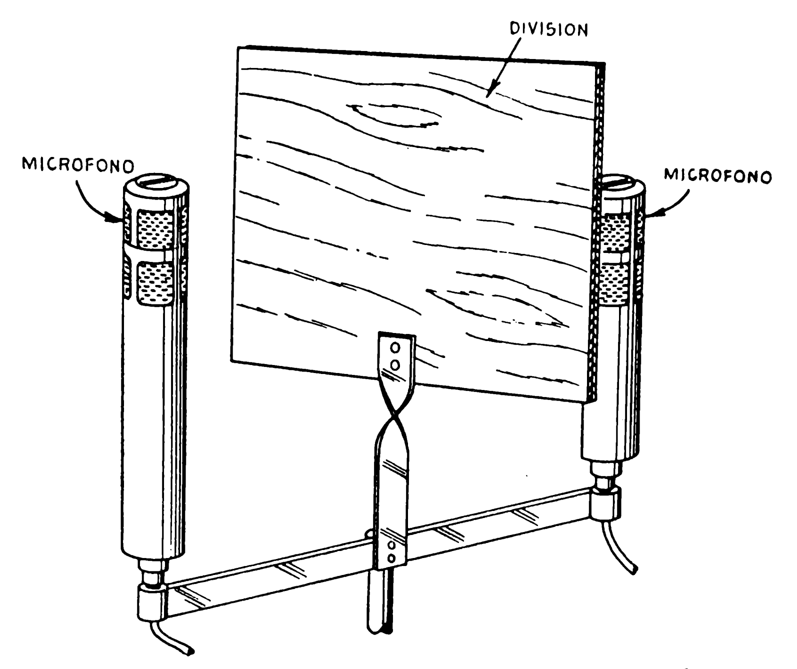


Fig. 703. *Una disposición práctica para la grabación biauricular.*

sible en el tiempo de acceso y en la intensidad del sonido en cada micrófono, se denominó este sistema grabación por tiempo-intensidad.

Una primera forma del método de tiempo-intensidad para la distribución de los micrófonos, ha recibido el nombre de grabación clásica y en ella se supone que la distancia entre los micrófonos es

FUENTE DE SONIDO

USUALMENTE
1,80 A 9 M.

MICR.
ESTEREOF.

Fig. 704. *Distribución de los micrófonos utilizada en la grabación de tiempo-intensidad.*

igual a la que existirá entre los parlantes en oportunidad de la reproducción. Puede considerarse una aplicación del principio de la cortina de sonido tratado en el Capítulo I, por el que se admite que cada par de micrófono-parlante cubre una porción del sonido en la dimensión lateral. En el estéreo de dos canales, sin embargo, habrían

sólo dos cadenas micrófono-parlante entre la fuente de sonido original y el oyente.

La grabación clásica tiene limitaciones fáciles de advertir; mientras que una separación de, digamos 2,50 metros, sería conveniente para abarcar la extensión de algunas fuentes sonoras tales como conjuntos de cámara, concertistas con acompañamiento de piano, pequeños coros, etc., resultará completamente inadecuada para una orquesta sinfónica; en este último caso, la separación entre los micrófonos, y por lo tanto entre los parlantes, llegaría a 9 metros si se ha de seguir la técnica clásica, pero muy pocos hogares pueden acomodar los parlantes con semejante separación. Además, aún para las situaciones en que resultara suficiente un espaciado de unos 2,50 metros, es difícil presumir que todos los parlantes de estéreo estarán dispuestos a esa distancia a efectos de mantener el concepto del par micrófono-parlante. Por ello, la técnica clásica no puede aplicarse en un sentido estricto.

A pesar de estas consideraciones, el *principio* de la grabación clásica se usa ampliamente en una forma más general, aplicándolo a la distribución de micrófonos a lo largo de una fuente sonora para captar la dimensión lateral del sonido. En correspondencia con este criterio, la grabación por tiempo-intensidad ha adoptado una separación entre micrófonos que varía desde alrededor de 1,80 metros hasta tanto como 9 metros, a efectos de impresionar al oyente con una diferencia neta entre el sonido de la izquierda y el de la derecha. Si bien se logró verdaderamente el efecto espacial con estas formas de grabación, los resultados no siempre fueron del todo realísticos; en todo caso, la diferenciación entre la izquierda y la derecha fué exagerada y luego de la primera reacción de asombro, el oyente capaz de discriminar, encontró muy pronto que el sonido tenía el carácter de innatural y molesto.

El espaciado fortuito de los micrófonos, abrió eventualmente el camino para procedimientos más lógicos capaces de mantener la orientación hacia la izquierda y la derecha dentro de límites realísticos y al mismo tiempo lograr la fusión de la música como un conjunto. En concordancia, se ha manifestado una tendencia hacia la aceptación del "principio del ángulo de audición", que postula una relación sistemática entre los micrófonos, los parlantes y el oyente.

Este principio está basado en la adopción de un ángulo normalizado comprendido entre 30° y 45°, que sería formado por un oyente hipotético de la ejecución original y los extremos aproximados de la fuente musical; los micrófonos de estéreo se colocan en los lados de este ángulo según se ilustra en la figura 705-a. Se parte de la suposi-

ción de que en la reproducción, se dispondrán los parlantes de tal suerte que formen con el oyente un ángulo similar (fig. 705-b).

La fig. 705-a muestra varias de las posiciones posibles para los micrófonos, ya sea próximos a la fuente sonora o bien alejados de ella,

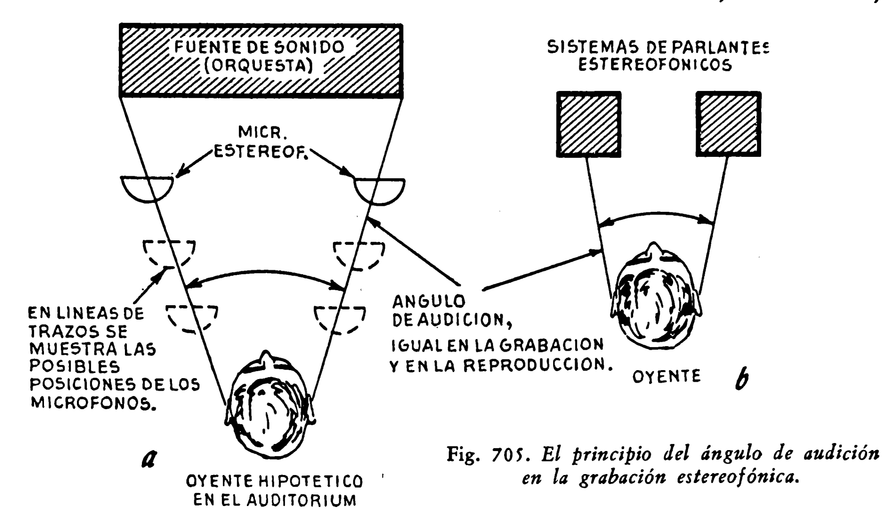


Fig. 705. *El principio del ángulo de audición en la grabación estereofónica.*

pero siempre sobre los lados del ángulo. Si se acercaran demasiado a la fuente, quedando separados por tal motivo de una distancia sustancial debido a la apertura del ángulo, se observaría una marcada diferencia entre la izquierda y la derecha pero con el riesgo de perder la mayor parte de la música emitida desde el centro de la fuente (esto depende también de la característica polar del micrófono utilizado). Teniendo los micrófonos muy adelantados hacia la fuente, los mismos captarán relativamente poco sonido indirecto (reverberado). El requisito estereofónico de extensión, logrado a través de una relación ajustada entre el sonido directo y el indirecto, puede así ser sacrificado en beneficio del efecto de direccionalidad.

Si los micrófonos de estéreo se retiran excesivamente hacia atrás, será reducida la distinción entre el sonido proveniente de la izquierda y el de la derecha, en tanto que la reverberación asumirá proporciones indebidas determinando la pérdida de claridad y definición de la música. Entre las posiciones extremas, hay alguna intermedia que permite equilibrar adecuadamente los diferentes factores que favorecen el éxito de una grabación estereofónica; encontrarla es tarea del ingeniero o del aficionado en grabaciones.

La figura 705-b, muestra una de las varias distribuciones posibles para los parlantes que mantiene el mismo ángulo de audición aplicado en la sesión de grabación. De acuerdo con la distancia a que se

sitúe el oyente, la separación entre los parlantes será mayor o menor; esto se ilustra en la figura 706 que indica dos disposiciones distintas. Cuanto más se aleje el oyente, tanto mayor será la separación, supuesto que se conserva inalterado el ángulo.

El principio del ángulo de audición, no sujeta al audiófilo a un

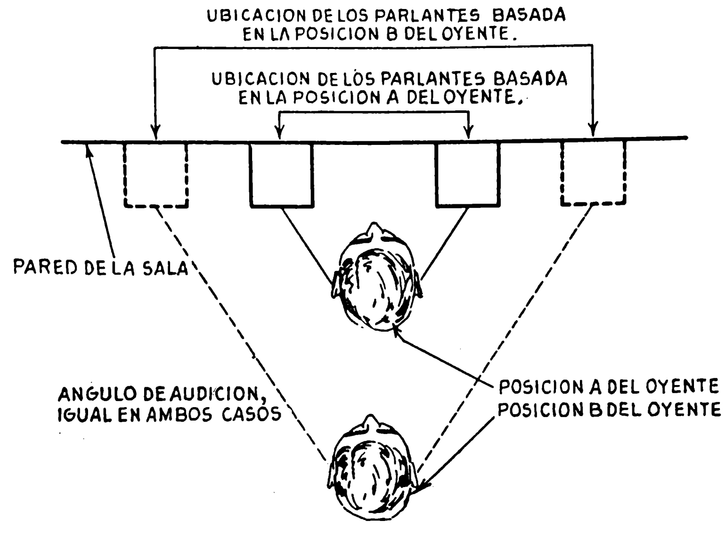


Fig. 706. *Ubicación de los parlantes estereofónicos en concordancia con el principio del ángulo de audición y con la distancia del oyente a los parlantes.*

punto exacto del ambiente; por el contrario, está libre de moverse del mismo modo en que lo haría al alegir una butaca en una sala de conciertos. Pero suministra una referencia para la colocación de los

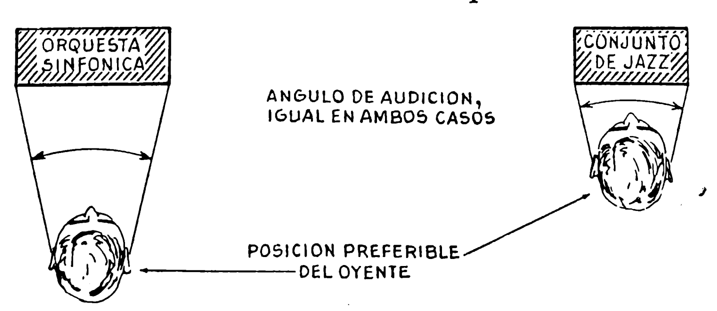


Fig. 707. *Variación en la posición del oyente con el tipo de fuente de sonido que permite el mismo ángulo de audición con fuentes de distinta extensión.*

parlantes y es muy probable que el efecto estereofónico sea mayor en aquellos puntos de la sala próximos al que corresponde al ángulo de audición.

A primera vista, puede parecer que el ángulo de audición tendría que ser mayor para una fuente musical extendida sobre un espacio considerable, tal como una orquesta, que para otra localizada en un área restringida como sería el caso de un conjunto de jazz. Similarmente, podría esperarse que los parlantes tengan que distanciarse en mayor proporción para reproducir la orquesta que para el conjunto de jazz. Pero como se ve en la figura 707, durante la interpretación real, uno se ubicaría mucho más cerca de un conjunto de jazz que de una orquesta sinfónica, de modo que el ángulo formado por aquél y el oyente tiende a ser aproximadamente igual que el que determina éste y la orquesta sinfónica. Por lo tanto, admitiendo la igualdad del

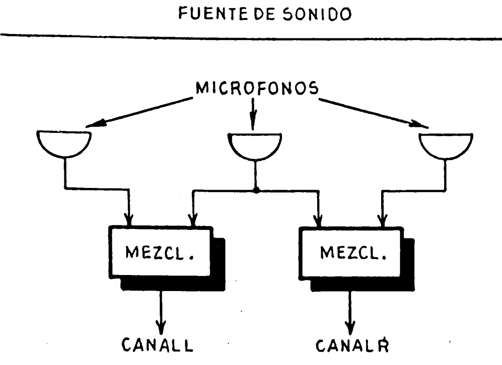


Fig. 708. *Uso de tres micrófonos para la grabación estereofónica.*

ángulo de audición en ambos casos, puede emplearse una misma disposición de parlantes para reproducir las fuentes estrechas y las amplias.

Cuando se graba el sonido de conjuntos extensos siguiendo el principio del ángulo de audición u otras variantes de la técnica de tiempo-intensidad, puede ser considerable la distancia entre los micrófonos, lo que resultaría en la pérdida de parte del sonido de la zona central. Es una práctica común utilizar un micrófono en la parte media (fig. 708) cuya señal se mezcla (es decir, se agrega) con las de los micrófonos izquierdo y derecho; los profesionales de la grabación emplean a veces grabadores de cinta de tres canales con el objeto de efectuar la mezcla luego de la ejecución original y permitir así que los ingenieros ensayen la cantidad de señal del canal central que se requiere para obtener resultados óptimos. Empero, los grabadores de cinta de tres canales son sumamente costosos y en consecuencia, inaccesibles para el aficionado, quien deberá lograr la mezcla en la etapa microfónica.

La grabación de tiempo-intensidad, hace que el sonido procedente de la izquierda llegue al micrófono derecho luego de un pequeño intervalo, a partir del momento en que alcanza el micrófono izquierdo. Debe cuidarse que este intervalo sea suficientemente significativo, es decir, que produzca una sensación estereofónica basada en la diferencia de los tiempos en que un mismo sonido es emitido por los dos parlantes. De acuerdo con opiniones autorizadas, el intervalo entre los tiempos de acceso a cada uno de los micrófonos de estéreo, debe ser por lo

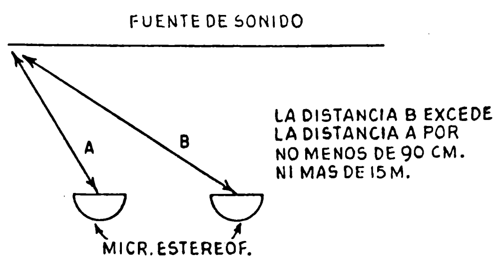


Fig. 709. *Separación entre los micrófonos de estéreo para obtener una diferencia en el tiempo de acceso.*

menos de 3 milisegundos (tres milésimas de segundo). Dado que el sonido se propaga en el aire a algo más de 300 metros por segundo, podemos decir que se desplaza aproximadamente 30 centímetros en un milisegundo y, por lo tanto, 90 centímetros en 3 milisegundos. Si los sonidos procedentes de los extremos izquierdo y derecho deben crear un efecto estereofónico en virtud de las diferencias en el tiempo de acceso, las distancias entre sus puntos de origen y los micrófonos deben diferir por lo menos en 90 cm (fig. 709).

Con tiempos de retardo en exceso de 50 milisegundos, el oído comienza a interpretar las diferencias en los tiempos de acceso, no como una sensación de direccionalidad, sino más bien como dos sonidos distintos. Por ello, cuando se graba en un ambiente amplio, como es el caso de un auditorium promedio, las distancias desde la fuente de sonido a los micrófonos no deben diferir en más de 15 metros; aunque es posible que en un salón muy grande y con fuentes musicales extendidas sobre un amplio escenario, los trayectos a los micrófonos discrepen en 15 metros o más.

Técnica de diferencia de intensidades.

Mientras que la grabación clásica se basa en las diferencias tanto de amplitud como del tiempo de acceso en cada micrófono, la técnica de diferencia de intensidades, muy popular en Europa, se remite principalmente a la divergencia en la amplitud de las señales. Los

micrófonos están dispuestos en forma esencialmente igual a la de la grabación biauricular mostrada en la figura 703, pero los que se emplean en esta técnica tienen una característica polar distinta; su máxima sensibilidad tiene lugar sobre un área con la forma de un número 8 como puede observarse en la figura 710; es decir, cada

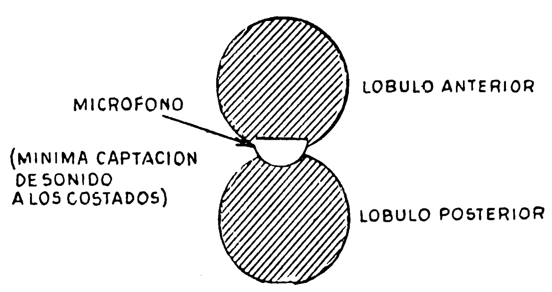


Fig. 710. *Diagrama de captación en forma de 8 de los micrófonos usados para la grabación por diferencia de intensidades.*

micrófono capta sonido desde el frente (lóbulo anterior) y desde atrás (lóbulo posterior), pero muy poco desde ambos costados.

Para la grabación por diferencia de intensidades, los micrófonos se orientan de forma tal (fig. 711-a), que el lóbulo anterior de uno de ellos esté dirigido hacia la derecha de la fuente sonora, y el del otro, hacia la izquierda; cada lóbulo anterior cubre en cierta proporción la parte central, de modo que el sonido procedente de esa zona también es captado. Como los micrófonos están muy próximos entre sí, la diferencia principal en las señales que arriban a cada uno de ellos afecta a la amplitud; el uso de un separador aumenta aquella diferencia. Un fabricante de equipos para ser utilizados según esta disposición, asegura que la disparidad de amplitudes es equivalente a la de dos micrófonos omnidireccionales (igualmente sensibles en todas las direcciones), separados 3 metros uno de otro.

En las frecuencias más altas, una separación de varios centímetros en los micrófonos determina una diferencia de fase considerable entre las señales. Supongamos que los micrófonos estén distanciados de 15 centímetros; en bajas frecuencias la longitud de onda es bastante mayor de 15 cm. (por ejemplo, la de 100 ciclos es de alrededor de 3 metros), de modo que no puede haber mucha diferencia en la fase (porción del ciclo en un instante dado) de los dos micrófonos. No obstante, en altas frecuencias la longitud de onda es suficientemente reducida como para producir una apreciable diferencia de fase sobre una longitud de 15 cm. Cuando los micrófonos están separados por esta distancia, las diferencias de fase resultan significativas en fre-

cuencias superiores a 1.000 ciclos aproximadamente (la longitud de onda de 1.000 ciclos es aproximadamente 30 cm). Sin embargo, no existe certeza sobre el valor del papel que desempeñan las diferencias de fase en el efecto estereofónico, especialmente cuando las mismas afectan al sonido emitido por cada parlante y no necesariamente al que gana cada oído.

Una forma específica de la grabación por diferencia de intensidades, conocida como grabación Stereosonic, dispone los micrófonos

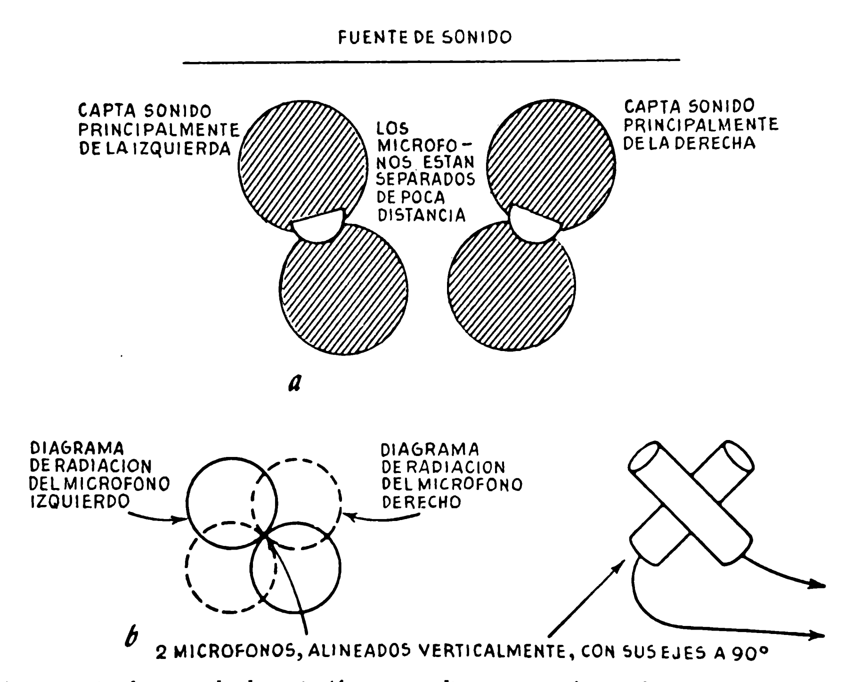


Fig. 711. *Arriba: uso de dos micrófonos con diagramas en forma de 8 para la grabación por diferencia de intensidades. Abajo: grabación Stereosonic. Esta es una forma de la grabación por diferencia de intensidades.*

en un mismo plano vertical y de modo que formen un ángulo de 90° uno con el otro, según se ilustra en la figura 711-b; en tal caso, las diferencias de fase entre los micrófonos tienden a ser insignificantes.

Grabación centro-lateral.

Una técnica de grabación que ha logrado amplio favor en Europa y que parece ganar creciente aceptación en los EE. UU. de N. A. en vista de sus bien acogidos resultados, es la denominada centro-lateral

que hace uso de un micrófono especialmente diseñado, el Neumann SM-2, vendido en los Estados Unidos con el nombre de Telefunken.

La unidad, (fig. 712) contiene en una misma envoltura dos micrófonos de capacidad, cuyas características polares pueden modifi-

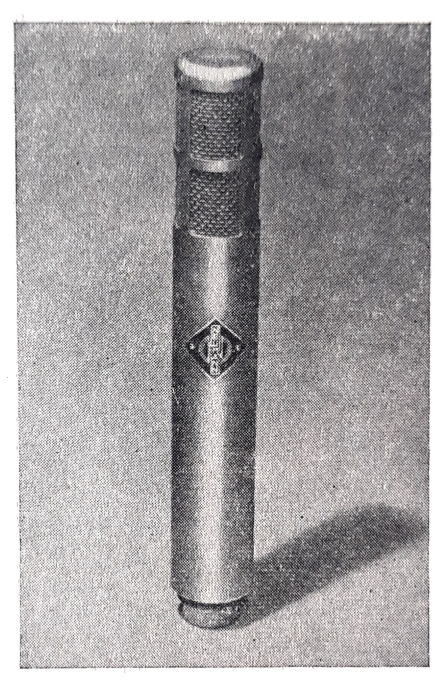


Fig. 712. *Micrófono Neumann SM-2 usado para la grabación centro-lateral.*

carse con tensiones inyectadas a los mismos desde una fuente apropiada. El micrófono del centro está orientado hacia la fuente de sonido y su diagrama polar se controla por medio de la tensión, para que adopte una forma cardioide (semejante a un corazón). El micrófono lateral tiene su característica polar a modo de un número 8 (como se ilustró en la fig. 711), que está orientado paralelamente a la fuente de sonido (fig. 713).

El micrófono del centro se dispone dirigido hacia el manantial sonoro; así, cuando el rótulo en forma de diamante que se aprecia en la foto de la figura 712 apunta hacia la fuente, ocurre lo propio con el elemento microfónico inferior, que recibe el sonido a través de la rejilla inferior. Insertando una moneda en la hendidura de la parte superior (ver foto), puede hacerse rotar el elemento superior ubicando de esta forma el micrófono correspondiente paralelamente a la

fuente; en tal caso, el sonido alcanza este micrófono atravesando las rejillas a la izquierda y la derecha de la envoltura.

De acuerdo con la orientación y la característica polar dada al micrófono del centro, éste captará todo el sonido a saber: L + R + C, donde L representa la izquierda, R la derecha y C el centro.

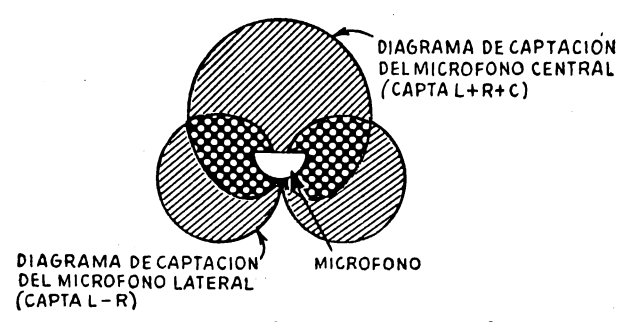


Fig. 713. *Diagramas de captación correspondientes a los elementos del micrófono SM-2.*

El micrófono lateral recibe el sonido principalmente desde los costados izquierdo y derecho, o sea L y R, pero la señal que produce no es L + R sino L — R. El micrófono lateral no tiene sino un elemento transductor que convierte las ondas sonoras en señales eléctricas y resulta obvio que este único elemento no puede moverse simul-

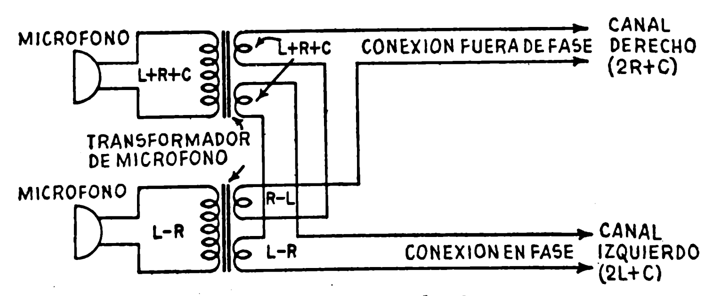


Fig. 714. *Combinación de las señales producidas por los elementos del micrófono centro-lateral para dar lugar a la información del canal izquierdo y el derecho.*

táneamente en dos direcciones. Se movería en una misma dirección para una señal procedente de la izquierda que para la otra que lo haga desde la derecha solamente en el caso de que estas señales fueran de fase opuesta. En otros términos, el elemento se movería por ejemplo

de izquierda a derecha, si el sonido proveniente de la izquierda fuera de fase positiva (empujando) mientras que el de la derecha tuviera fase negativa (tirando). De aquí que el movimiento neto del elemento transductor y la señal eléctrica por él producida, sea L + R en lugar de L — R.

La figura 714 muestra cómo se combinan las señales de cada elemento empleando arrollamientos especiales en los transformadores de salida que forman parte del micrófono. Las señales L — R y la L + R + C se conectan en serie y en fase para producir 2L + C. La señal L — R se invierte de fase por medio de otro arrollamiento dando por resultado R — L que se combina en serie con la señal L + R + C obteniéndose 2R + C. Al completarse la adición, la salida de un canal contiene información primordialmente de la izquierda y la del otro, de la derecha.

Al mismo tiempo, ambos canales contienen información relativa a la parte central de la fuente de sonido lo que elimina el problema de ubicar correctamente un micrófono central y mezclar su salida con la de los canales izquierdo y derecho.

La técnica microfónica centro-lateral es ventajosa cuando se la utiliza para la radiodifusión estereofónica por MF múltiplex según el principio de la diferencia de frecuencias. Se explicó en el Capítulo 3, que con este método de propalación, la portadora principal contiene toda la información de audio (L + R + C), mientras que la información estereofónica, o sea L — R, se transmite con la subportadora. De este modo, el propietario de un sintonizador convencional de MF que detecta solamente la portadora principal, recibirá toda la información de sonido y el que posea un receptor de MF múltiplex, captará, además, la señal L — R; luego, al combinar L — R con L + R + C y R — L con L + R + C, el equipo receptor de múltiplex proporciona las señales de los canales izquierdo y derecho. El uso del micrófono centro-lateral, elimina la necesidad de efectuar en la estación de broadcasting la adición y sustracción de las señales izquierda y derecha; la señal L + R + C puede obtenerse directamente desde un elemento del micrófono y la L— R, en la misma forma, del otro.

El micrófono SM-2 tiene un elevado precio que lo coloca fuera del alcance de la mayoría de los aficionados, pero es muy factible que la técnica centro-lateral llegue a ser accesible a través de mezcladores electrónicos de costo moderado que permitan usar micrófonos de precio relativamente bajo: uno con un diagrama cardioide y el otro con la forma de un número 8; el mezclador combinaría entonces las señales de los dos micrófonos en la forma apropiada.

Grabación longitudinal.

En el curso de los numerosos experimentos llevados a cabo con vistas a determinar la ubicación de los micrófonos, una de las técnicas que inevitablemente se han ensayado es la de situar a aquellos en forma longitudinal (fig. 715).

La grabación longitudinal contribuye en dos formas al efecto estereofónico: 1) Por las diferencias en el tiempo de acceso a cada



Fig. 715. *Ubicación de los micrófonos para la grabación estereofónica longitudinal.*

micrófono; la separación entre ambos debe ser tal como para no producir un retardo superior a 50 milisegundos lo que significa que no han de distanciarse más de 15 metros (un margen bastante amplio, excepto para los salones más grandes). 2) Por las diferencias en las relaciones entre el sonido directo y el reverberado que capta cada micrófono; el micrófono posterior presentará una mayor proporción

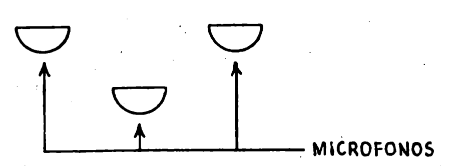


Fig. 716. *Disposición de los micrófonos para combinar la grabación clásica y la longitudinal.*

de sonido reverberado y por ello tenderá a crear una ilusión más acabada de un salón espacioso.

Las diferencias en el carácter del sonido que emana desde cada parlante, determinadas por las distintas magnitudes de reverberación en el sonido captado por cada micrófono, pueden llegar a ser molestas. Una posible solución consiste en canalizar el sonido del micrófono anterior en un parlante central y el del posterior en los parlantes izquierdo y derecho; otra podría radicar en el empleo de tres micrófonos: dos como en la grabación clásica y el tercero, como

en la modalidad longitudinal, es decir, más alejado de la fuente (fig. 716), para luego mezclar la señal de este último con la de los micrófonos izquierdo y derecho.

Adaptación de los micrófonos.

Para lograr óptimos resultados, es necesario que los micrófonos empleados en la grabación estereofónica estén adaptados en varios aspectos. Uno de ellos es el que se refiere a la respuesta de frecuencias; si los micrófonos tienen diferentes sensibilidades en las distintas frecuencias, el resultado puede ser muy bien una aparente traslación del sonido de izquierda a derecha o en sentido inverso durante la reproducción, de acuerdo con la frecuencia que predomine en un instante dado.

La adaptación es también importante en lo que atañe a las características polares; si un micrófono tiene un diagrama diferente al del

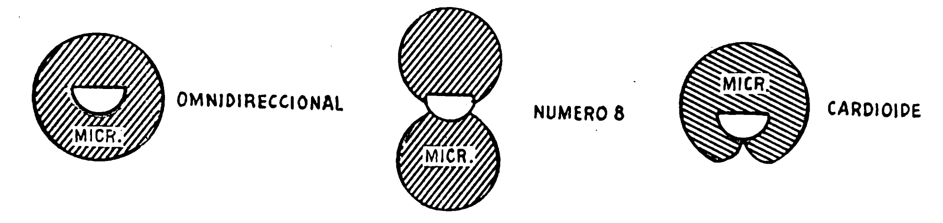


Fig. 717. *Las tres características polares básicas de los micrófonos.*

otro y se aplica en la grabación la técnica clásica o la de diferencia de intensidades, puede suceder por ejemplo, que el sonido del centro izquierda aparezca como del centro o del centro derecha; o podría ser inadecuada la reproducción de los sonidos del centro izquierda, centro o centro derecha.

En tercer lugar, se requiere adaptación en cuanto a la sensibilidad general; el empleo de micrófonos de alta sensibilidad con otros que la posean baja, conduce a la aparición de problemas en el balanceo de los canales.

En general, para obtener micrófonos que mantengan de una a otra unidad la misma respuesta de frecuencias, características polares similares e iguales sensibilidades, es necesario utilizar los tipos de precio más elevado. En cambio, para el aficionado, es posible aprender a efectuar las compensaciones necesarias cuando trabaje con micrófonos de calidad moderada; hasta cierto punto, la experimentación puede sustituir la calidad de los equipos haciendo factible, en último término, obtener excelentes resultados con aparatos de mediano costo.

Características polares.

Ya se han visto las tres características polares básicas de los diferentes tipos de micrófonos, pero es bueno pasar revista a lo que ellas representan y a los beneficios de cada una.

La figura 717 compara las tres características polares: omnidireccional, cardioide y en forma de ocho; probablemente, las que mejor se adaptan a la grabación clásica son la omnidireccional y la cardioide, ya que en aquella los micrófonos están separados de una distancia importante. Ambos tipos cubren una zona amplia y en condiciones de mucha separación, tienden a captar el sonido del centro en mayor proporción que los micrófonos con diagrama en forma de 8. El micrófono omnidireccional recoge mucho más sonido de la parte posterior que el cardioide, aumentando así la relación entre el sonido directo y el indirecto con lo que destaca el efecto de extensión. Para lograr con el cardioide una sensación comparable de espaciosidad, es necesario llevarlo a una ubicación más distante de la fuente pero con éste en cambio, puede concentrarse el sonido desde el frente, de modo que suministra mayor definición y claridad y menores posibilidades de captar sonidos extraños.

Como es natural, pueden utilizarse diferentes tipos de micrófonos por pares, conectándolos en paralelo sobre cada canal, a fin de combinar las características de captación deseadas. Es dable utilizar, por

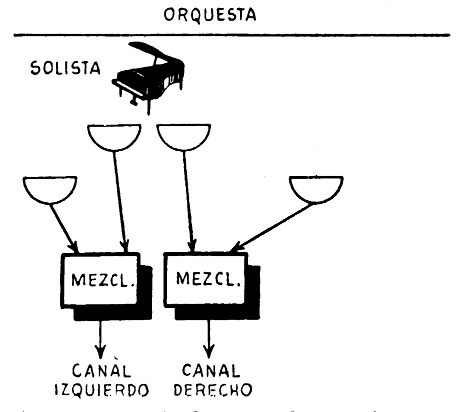


Fig. 718. *Uso de dos pares de micrófonos para la grabación estereofónica.*

ejemplo, micrófonos cardioides en la parte frontal para captar un solista al tiempo que se emplean los omnidireccional a mayor distancia para recibir el resto del contenido musical (con una relación sustancial entre el sonido directo y el indirecto), tal como se ilustra en la figura 718.

Fase.

Uno de los problemas que se presentan en la reproducción estereofónica es el de mantener una relación de fase apropiada entre los canales y esto resulta tan cierto para los micrófonos como para cualquier otra etapa de la cadena de estéreo. Si se emplean en la grabación diferentes micrófonos, puede aparecer la dificultad de ponerlos en fase, esto es, si ambos micrófonos están captando el mismo sonido uno de ellos puede desarrollar una señal positiva cuando el otro entrega una señal negativa y recíprocamente. Puede establecerse la fase correcta en forma experimental; la salida de los micrófonos se inyecta en un grabador de cinta estereofónico y se hace que ambos capten el mismo sonido colocándolos uno al lado del otro, luego se introduce la salida del grabador de cinta en el sistema de estéreo. Si el sonido de los dos parlantes parece provenir desde un punto situado aproximadamente a mitad de camino entre ambos, la relación de fase es correcta; se supone que los dos parlantes se han puesto previamente en fase entre si sobre la base de un disco o una cinta estereofónica comercial. Si se tiene la sensación de que el sonido parte desde una región indefinida, la relación de fase en la fuente (los micrófonos) es incorrecta. Es necesario entonces, invertir los conductores que proceden de uno de los micrófonos.

capítulo 8

amplificadores para estereofonía

EL control sobre las diferentes funciones relacionadas con el estéreo tiene lugar en el amplificador de control más bien que en el de potencia; de aquí que trataremos con las unidades estereofónicas en la forma de un amplificador de control o de un amplificador integral (combinación de un amplificador de potencia con uno de control). Todas las referencias a un amplificador han de entenderse como dirigidas a uno que contiene medios de control, a menos que se especifique otra cosa [1].

Un amplificador estereofónico es algo más que una sencilla duplicación de todos los elementos de uno simple, además de ejecutar las funciones usuales de una unidad monofónica, debe cumplir con otros dos objetivos: 1) coordinar las funciones convencionales de los dos canales y 2) realizar funciones específicas del estéreo y que no se encuentran en la reproducción monofónica.

Debido a que el amplificador estereofónico es relativamente nuevo, se encuentran considerables variantes en las unidades manufacturadas; las diferencias son sensiblemente mayores que entre las monofónicas tanto en lo que respecta a las funciones cumplidas como a la forma en que se las conduce. Esta circunstancia tiende a confundir al posible adquirente de un equipo quien no sólo tiene que pensar en la calidad y el precio sino que ha de elegir también entre las diferentes combinaciones de características distintivas que se le ofrecen.

Las distintas soluciones aplicadas por los fabricantes, permiten efectuar una evaluación en cuanto a los métodos alternativos con que se enfrentan los problemas especiales originados por el estéreo; estos problemas involucran control de la ganancia, control de la respuesta de frecuencias y de los niveles, balanceo entre los canales, relación de fase, provisión de un canal fantasma, combinación de canales, etc. El amplificador estereofónico parece repetir la historia del monofónico: necesitó muchos años para madurar hasta su forma

---

[1] A veces, los medios de control están combinados con un sintonizador de MF, o uno de MA-MF, o uno doble de MA y MF para aplicaciones estereofónicas. La presente discusión, es aplicable también a tales equipos.

actual y determinar la naturaleza de los controles requeridos. Los amplificadores monofónicos del presente, si bien mantienen sus individualidades, exhiben en conjunto marcadas semejanzas. De igual modo, la experiencia señalará el camino hacia los mejores métodos de satisfacer los problemas específicos erigidos por la estereofonía, de tal

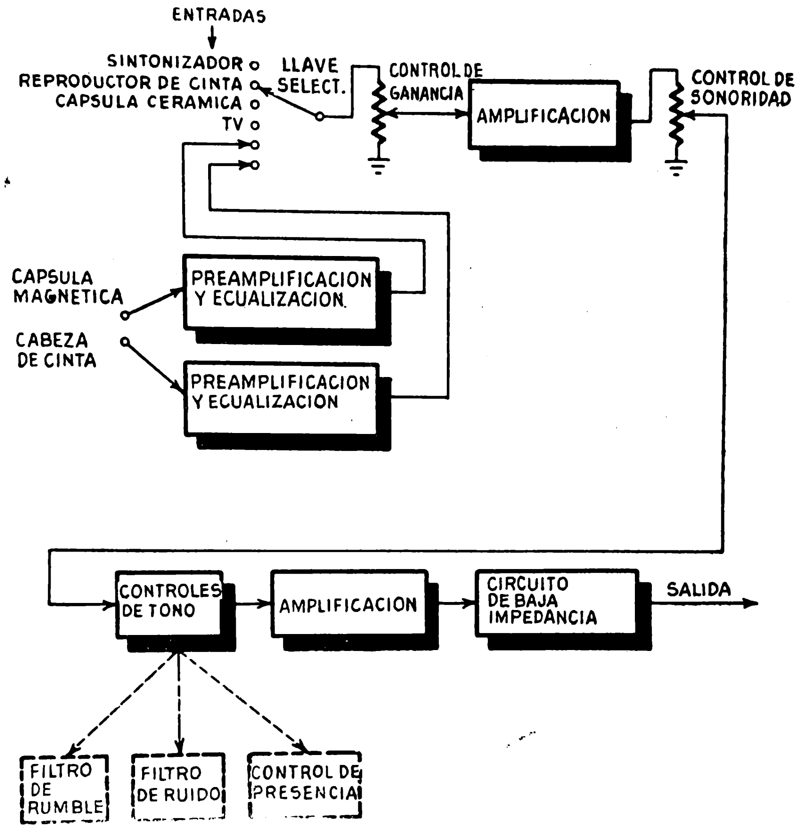


Fig. 801. *Las funciones esenciales de un amplificador de control monofónico convencional son numerosas y variadas. A veces se incluyen funciones adicionales que se muestran en líneas de trazos.*

suerte que las diferencias entre los amplificadores de estéreo llegarán a ser menores de lo que son en la actualidad.

Como base para el estudio de un amplificador de control estereofónico, es aconsejable considerar en primer lugar el funcionamiento de una unidad monofónica.

Funciones de un amplificador de control monofónico.

La figura 801 indica las funciones de una unidad de control convencional; en el caso de que la señal proceda de un fonocaptor mag-

nético o de una cabeza reproductora de cinta, existe una etapa preliminar llamada preamplificador cuya finalidad es suministrar una amplificación adicional, debido a que la señal de tales fuentes es de ordinario muy reducida —del orden de los milivolts en lugar de volts como sería el caso de las fuentes de alto nivel—. El preamplificador provee también una ecualización de frecuencia para lograr una respuesta plana; se introduce refuerzo de graves y atenuación de agudos para la cápsula magnética, mientras que sólo se suministra refuerzos de graves para la señal proveniente de la cabeza reproductora de cintas.

La llave selectora elige entre las diferentes fuentes de señal conectadas al amplificador que incluyen: sintonizador, reproductor de cinta, TV y cápsula de fono cerámica como fuentes de alto nivel (que entregan señales de 0,5 volts o más) y el fonocaptor magnético, cabeza reproductora de cinta y acaso micrófono como fuentes de bajo nivel. La señal escogida pasa a través de un control de ganancia consistente de una resistencia con un cursor que puede disponerse en cualquier punto entre la señal de entrada y masa de forma tal, que llevando el cursor hacia abajo (hacia masa) disminuye la cantidad de señal tomada. Siguiendo al control de ganancia hay una etapa de amplificación, un control de nivel sonoro (que compensa la aparente desaparición de graves y agudos a bajos niveles de volumen introduciendo automáticamente el correspondiente refuerzo cuando se alcanzan tales niveles), controles de tono, amplificación adicional y un circuito de baja impedancia (generalmente un seguidor catódico) que permite el uso de un cable de gran longitud entre los amplificadores de control y de potencia sin que se observen pérdidas sensibles en las altas frecuencias.

Los recuadros en líneas de trazos corresponden a secciones destinadas a cumplir algunas funciones adicionales que se encuentran a menudo, aunque no siempre, en los amplificadores de control: 1) Un filtro de "rumble" que atenúa abruptamente las bajas frecuencias (por debajo de 60 ciclos más o menos), para reducir los ruidos producidos por el plato giratorio. 2) Un filtro de ruido, que atenúa abruptamente las altas frecuencias para disminuir el ruido de los discos ásperos, de una cinta con excesivo siseo o de un sintonizador con alto nivel de ruido. Es común prever los medios para conseguir una brusca atenuación por encima de una cualquiera de varias frecuencias, por ejemplo 5.000, 8.000 ó 10.000 ciclos. 3) Un control de presencia, que refuerza las frecuencias comprendidas en la región de 2.000 a 5.000 ciclos, para imprimir una inherente cualidad de natural sea a una música, sea a una alocución.

La secuencia de las funciones en un amplificador de control dado

no es necesariamente la misma que la de la figura 801, pero ésta es lo bastante representativa para nuestros propósitos.

Balanceo entre canales.

El control de balanceo, que permite al oyente ajustar la diferencia de niveles entre los canales mediante una perilla, es un detalle exclusivo de los amplificadores estereofónicos. En general, cada parlante debe producir la misma cantidad promedio de energía acústica a fin de que el sonido no parezca provenir predominantemente desde la derecha o desde la izquierda.

La figura 802, ilustra el principio básico del control de balanceo aplicado en la mayoría de los amplificadores estereofónicos, que permite aumentar el nivel de uno de los canales al tiempo que se reduce el del otro pero manteniendo el nivel *combinado* de ambos aproximadamente constante. Sería mucho más dificultoso balancear el nivel

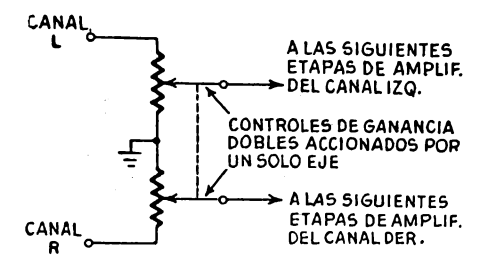


Fig. 802. *Un control de balanceo que suministra atenuación infinita. A medida que se aumenta el nivel de un canal, el del otro disminuye proporcionalmente.*

relativo de los dos canales, si el volumen total (en los parlantes) variara al tiempo que se modifica el nivel de un parlante en relación con el del otro. Como se muestra en la figura 802, los dos controles de ganancia se accionan con un mismo eje y las conexiones son tales que si el cursor de un control se aproxima a masa, reduciendo de este modo el nivel de la señal correspondiente, el otro aumenta el que le pertenece acercándose al valor de la señal de entrada.

En unos pocos amplificadores de estéreo se suprime el control de balanceo y se incluyen controles de ganancia individuales para cada canal. Aunque el ajuste del balanceo puede lograrse, como es natural, con controles de ganancia separados, este procedimiento tiene dos inconvenientes: 1) hace dificultoso el mantenimiento del nivel sonoro total en un valor constante mientras se efectúa el ajuste de la amplitud relativa entre canales; 2) cuando el equilibrio de los niveles en ambos canales está asignado a dos controles en lugar de uno, resulta más complicado retornar a la posición que representa la condición de balanceo. Podría suceder que el control de balanceo se usase para compensar las deficiencias de cintas o discos estereofónicos, o de audiciones radiodifundidas, con balanceo inadecuado entre sus canales,

pero el usario deseará volver a la posición correcta cuando escuche otro material de programa.

El control de balanceo de algunos amplificadores estereofónicos tiene un rango de acción limitado, esto es, la rotación máxima del control producirá sólo unos 6 a 10 dB de diferencia en el nivel de los canales. Los otros controles tienen un rango mucho mayor, como de 40 dB, o aún una diferencia infinita (en dB) lo que significa que un canal puede anularse por completo; una configuración que permite cumplir con esta última condición es la que se ilustra en la figura 802. La figura 803 muestra cómo se limita la diferencia de nivel en otros casos: la resistencia adicional entre cada control y masa impide

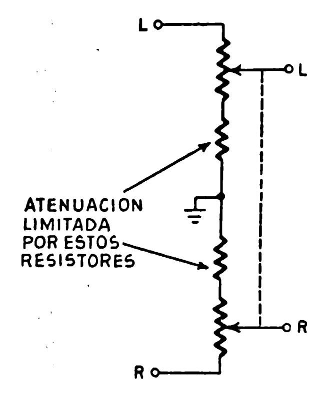


Fig. 803. *Este control de balanceo provee atenuación limitada. Debido a que el rango del control es relativamente reducido, resulta fácil de usar.*

que el cursor complete su camino hacia masa provocando así una atenuación total.

Existen argumentos tanto en favor de un control de balanceo con un amplio de rango de acción como de uno con un rango limitado. Consideremos en primer lugar el caso de un control de rango extenso; la relación entre el más eficiente y el menos eficiente de los sistemas de parlantes comerciales es alrededor de 20 a 1, lo que equivale a 13 dB en términos de potencia acústica. Deben dejarse unos 6 dB para compensar las diferencias de sensibilidad en los amplificadores de potencia; un amplificador de potencia puede requerir por ejemplo, 1 volt para excitarlo a 50 watts, en tanto que el otro puede demandar 2 volts, lo que representa una diferencia de 6 dB. Habrá que permitir un margen de otros 6 dB para compensar las diferencias accidentales de nivel entre los dos canales de un disco, cinta, etc. En total, pueden ser necesarios aproximadamente 25 dB para contemplar las diferencias en la eficiencia de los parlantes, la sensibilidad de los amplificadores de potencia y los niveles de canal en una fuente de programa; por ello, un control de balanceo con un rango de 25 dB o más es útil y deseable.

Por otra parte, en cuanto se empleen equipos apareados —los

mismos sistemas de parlantes en cada canal y amplificadores de potencia similares— disminuye la necesidad de un control de balanceo con rango amplio; uno con 10 dB o aún menos puede ser satisfactorio en tales circunstancias. Y hay ventajas en un control de rango limitado puesto que por cubrir sólo unos pocos dB, ofrece mayores facilidades para un ajuste exacto; en otras palabras, representa un vernier fino ya que cada grado de rotación corresponde a una pequeña fracción de 1 dB. Un control con un rango elevado, digamos de 40 dB,

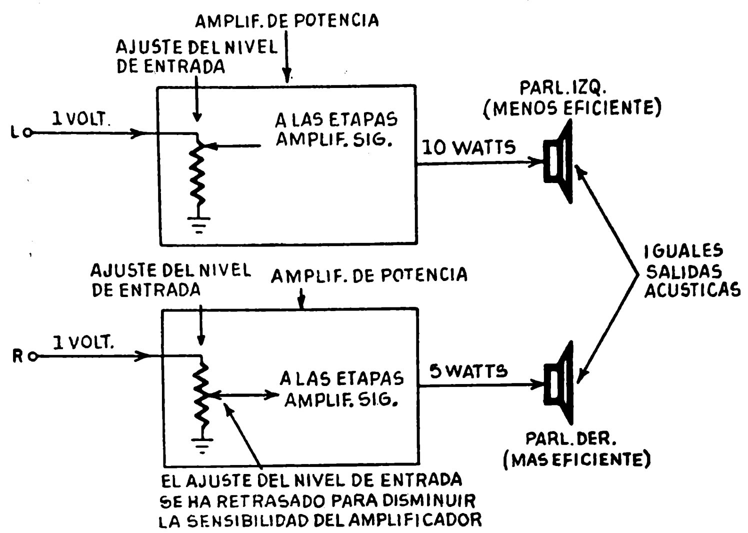


Fig. 804. *Método de ajustar la sensibilidad del amplificador de potencia de modo que iguales tensiones de entrada produzcan iguales salidas acústicas en parlantes apareados.*

es más difícil de ajustar con precisión puesto que una ligera rotación determina una gran alteración en el nivel relativo de los canales.

Además, si en los canales de un sistema estereofónico se hace uso de parlantes con diferentes eficiencias o de amplificadores con desiguales sensibilidades, el ajuste de estas diferencias podría lograrse probablemente por otros medios distintos que un control de balanceo. Sería factible acoplar un amplificador de potencia de mayor sensibilidad con un sistema de parlantes de menor eficiencia y recíprocamente (fig. 804). Si el parlante izquierdo requiere mayor potencia que el derecho para la misma salida acústica, debe ser excitado por el amplificador que produce mayor energía con una tensión de entrada dada. El valor de la potencia de salida para una cierta tensión de entrada, puede reducirse con el control del nivel de entrada que se encuentra en casi todos los amplificadores de potencia; por ejemplo, si un amplificador desarrolla 10 watts cuando se le aplica 1 volt

puede reducirse la potencia de salida, digamos a 5 watts, con la misma tensión de entrada, llevando hacia atrás el control de nivel. En la figura 804 se ha supuesto que el parlante izquierdo requiere 10 watts de energía eléctrica para producir la misma potencia acústica que el derecho, cuando este último se alimenta con 5 watts, y que los dos amplificadores pueden entregar 10 watts con una señal de entrada de 1 volt. Por lo tanto, el control de entrada del amplificador derecho se ha de cerrar hasta que la salida del mismo con 1 volt de señal, sea sólo de 5 watts; con la consecuente reducción en la sensibilidad del

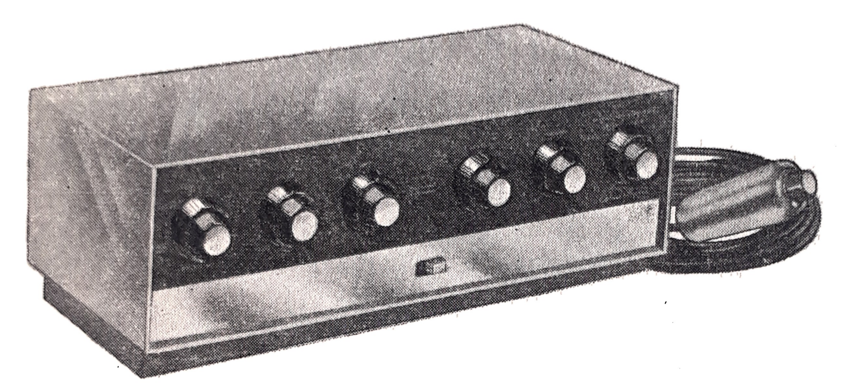


Fig. 805. *Para balancear el sistema estereofónico desde la posición normal de audición algunos amplificadores de control incluyen un control de balanceo en el extremo de un largo cable.*

amplificador derecho, el resultado final es que se obtienen iguales niveles sonoros en los parlantes.

Si la combinación amplificador de potencia-parlante que corresponde al canal izquierdo está balanceada con la del canal derecho, la función del control de balanceo queda limitada principalmente, a compensar las desigualdades entre canales en la fuente de señal y en tal caso, un control con un rango de 10 dB o menos, podría ser adecuado.

Si existe balanceo en el resto del sistema (sin incluir la fuente de señal), el control podrá accionarse a cualquier lado de su posición media pero si es necesario llevarlo a uno cualquiera de sus extremos para compensar las diferencias en los amplificadores de potencia o en los parlantes, es probable que no quede suficiente reserva para equilibrar otras desigualdades. Por último, si el balanceo se obtiene de continuo en la posición media, será más fácil retornar a este punto que a cualquier otra posición del control.

Un problema que se presenta cuando se intenta llevar a cabo el balanceo es que el amplificador se encuentra ubicado por lo general

a una cierta distancia de la posición habitual del oyente; de este modo, lo que parecería un balanceo apropiado con el oyente situado en las proximidades del amplificador, puede no seguir siéndolo cuando aquél se traslada a su lugar favorito. Para superar este problema, algunos amplificadores de control llevan el ajuste del balanceo en el extremo

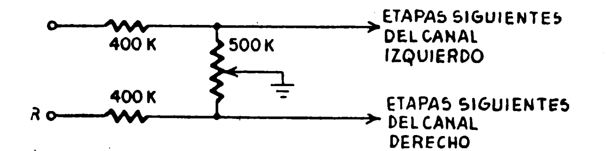


Fig. 806. *Uso de un control único para suministrar el balanceo de canales. Este circuito proporciona atenuación infinita.*

de un cable de extensión suficientemente largo como para alcanzar cualquier punto en una habitación promedio (fig. 805).

Si bien en las figuras 802 y 803 se indican dos controles —aunque en un mismo eje— para el ajuste del balanceo, es posible lograr el mismo objeto con el uso de un control único, como se muestra en la figura 806; a medida que el cursor del control se mueve hacia

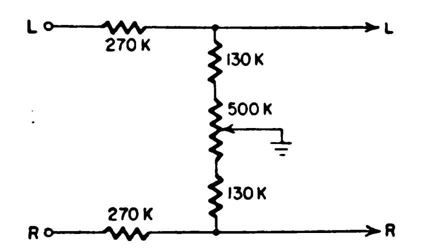


Fig. 807. *Circuito de balanceo de un solo control que provee alrededor de 10 dB de atenuación.*

arriba, el canal superior se va cortocircuitando a masa, y cuando se desplaza hacia abajo, sucede lo propio con el canal inferior. Una disposición como ésta, utilizando los valores que se indican, permitirá mantener el nivel sonoro combinado de los dos parlantes en un valor razonablemente constante, cuando se mueve el control en cualquier dirección. La figura 807 ilustra una configuración similar, excepto que en este caso, ninguno de los canales puede atenuarse por completo y la diferencia de nivel entre ambos puede llevarse como máximo, a 10 db aproximadamente.

Muchos amplificadores de control estereofónicos ofrecen la posibilidad de balancear los canales inyectando alternativamente una señal de entrada en uno y otro canal, como se indica en la figura 808. En esta forma, puede inyectarse la señal del canal L sucesivamente en los canales izquierdo y derecho y ajustar el control de balanceo hasta que cada parlante produzca aparentemente la misma magnitud de sonido. Sin embargo, muchos amplificadores no incluyen esta facilidad, y

entonces, el oyente puede emplear un medio simple para el balanceo que se ilustra en la figura 809. Una llave de dos polos, dos vías, conecta alternativamente el parlante L al tiempo que desconecta el parlante R y luego conecta el R desconectando simultáneamente el L. Deben usarse resistores de protección —resultan generalmente adecuados los de 50 ohms, 10 watts— para evitar la posibilidad de dañar

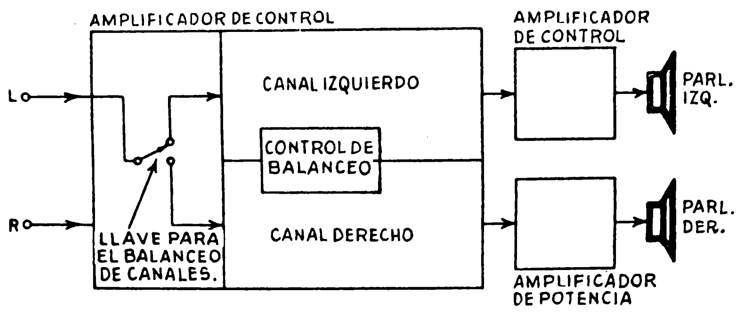


Fig. 808. *Algunos amplificadores de control estereofónico incluyen una llave para el balanceo de canales que habilita al oyente a conmutar entre un canal y el otro.*

el transformador de salida del amplificador de potencia cuando la llave suprime la carga representada por el parlante.

En la figura 809, la señal usada para efectuar el balanceo se toma desde una fuente monofónica y se introduce en ambos canales, pero

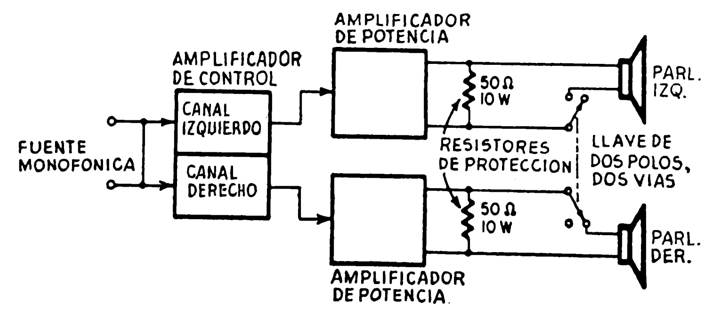


Fig. 809. *Cuando el amplificador de control no incluye una llave para el baalnceo de canales, puede armarse un sencillo circuito con una llave de dos polos, doble vía, y dos resistores.*

del mismo modo podría aplicarse la señal del canal izquierdo o derecho de un material estereofónico. Practicamente, todos los amplificadores de control permiten inyectar una señal monofónica en ambos canales.

Control maestro de ganancia.

Una vez que el oyente tiene establecido el correcto balanceo entre los dos canales de su sistema estereofónico, debe contar con los medios de modificar el volumen general sin destruir el equilibrio intercanal.

Por ello, los amplificadores de estéreo incluyen un control maestro de ganancia, tal como el que se ve en la figura 810, que consiste esencialmente de dos controles simples de ganancia, uno para cada canal, accionados por un mismo eje. Es muy semejante al control de balanceo de la figura 802 excepto por el hecho de que en este caso, los niveles de ambos canales varían en la misma dirección en lugar de hacerlo en direcciones opuestas.

En algunos amplificadores de estéreo, no se dispone de control maestro de ganancia y en cambio se hace uso de controles individuales

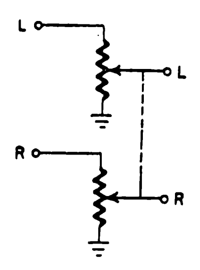


Fig. 810. *El control maestro de ganancia se usa para ajustar el nivel general, después que el sistema haya sido balanceado.*

de ganancia para cada canal, particularmente en aquellos donde no se provee un control de balanceo; los controles individuales sirven entonces al doble propósito de balancear los canales y gobernar el nivel sonoro total. Es común en este caso montar los controles concén-

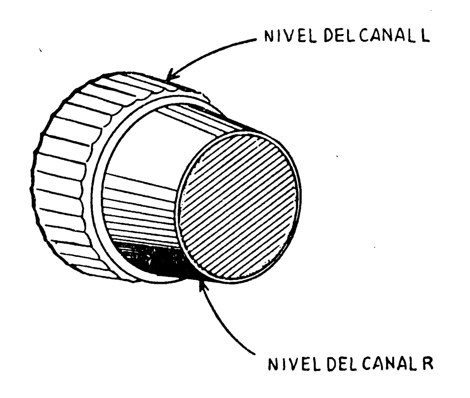


Fig. 811. *En lugar de disponer solidariamente los controles de ganancia para cada canal, muchos amplificadores de control hacen uso de unidades concéntricas.*

tricamente (figura 811), con la perilla interna destinada a un canal y la externa al otro, de modo que es posible lograr el efecto de un control maestro de ganancia rotando ambas perillas al mismo tiempo. En una forma más acabada de esta disposición, algunos amplificadores utilizan controles de ganancia concéntricos que se traban entre sí cuando la perilla interna se empuja ligeramente hacia adentro y actúan independientemente cuando dicha perilla se tira hacia afuera.

La figura 812 es un dibujo de un par de controles concéntricos alineados axialmente, del tipo "tire-empuje", donde se ilustra el mecanismo de trabajo.

Cuando se ha logrado el balanceo entre canales, el mismo no debe modificarse al aumentar o disminuir la ganancia total; toda alteración del balanceo que se presente al girar el control maestro de ganancia se designa como error de arrastre. Como es lógico, es deseable que este error de arrastre sea mínimo, preferiblemente no mayor de 1 dB. Un

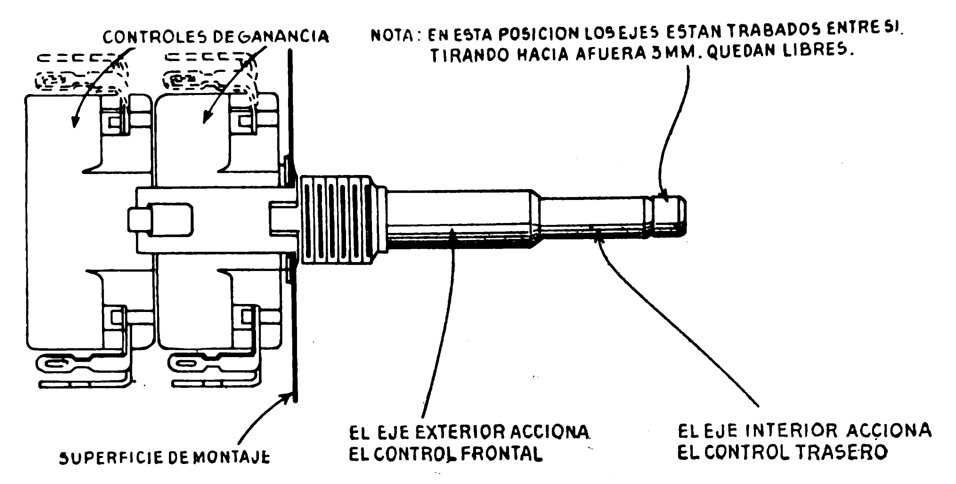


Fig. 812. *Para facilitar el ajuste del nivel general, este tipo de control concéntrico utiliza un mecanismo especial que permite trabar los ejes solidariamente.*

error de esta magnitud significa que si se rota el control maestro, supuesto que se parte de un perfecto balanceo, la diferencia entre los niveles de ambos canales no excederá de 1 dB en cualquier posición del control.

Cuando se hace uso de controles ordinarios de ganancia montados en un mismo eje, es posible llegar a errores de arrastre tan grandes como 5 dB o aún más; si los niveles de los canales están exactamente apareados con el control maestro de ganancia en su posición máxima, presentarán diferencias de 5 dB o más para ajustes inferiores. Sin embargo, los fabricantes de amplificadores estereofónicos disminuyen este error en varias formas.

Un método consiste en utilizar controles de ganancia fabricados con tolerancias muy estrechas; en otro se emplean controles de la línea normal de producción pero elegidos para formar pares adaptados que ostenten características similares (atenuadores). Un tercer sistema se basa en el uso de derivaciones, como se muestra en la figura 813, para hacer que los dos controles se correspondan en varios puntos

intermedios; los resistores conectados entre las derivaciones y masa se eligen de modo tal, que cada control suministra la misma atenuación en uno o más puntos del recorrido del cursor y en esa forma, la magnitud del error de arrastre que puede presentarse entre las posiciones máxima y mínima del control maestro de ganancia, resulta limitado.

Otro método de reducir el error de arrastre es el de usar lo que se conoce como controles por pasos (fig. 814). Éstos consisten en una hilera de resistores en serie que lleva conectados el extremo y cada unión entre resistores suscesivos, a los terminales de una llave de posiciones múltiples; el brazo de la llave se comporta del mismo modo

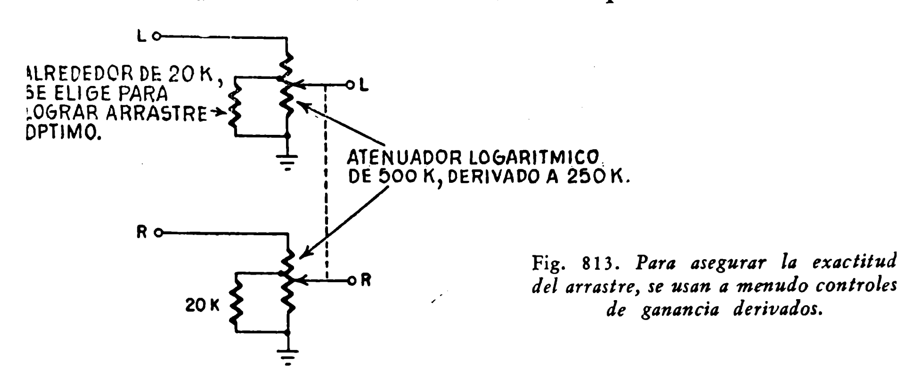


Fig. 813. *Para asegurar la exactitud del arrastre, se usan a menudo controles de ganancia derivados.*

que el cursor de un control variable excepto que se mueve en pasos discretos. Los valores de los resistores se escogen para que al girar la llave de una posición a la siguiente, el volumen cambie en una cantidad fija, generalmente 2 a 3 dB. Usando resistores de precisión o resistores ordinarios adaptados, el error de arrastre puede conservarse fácilmente por debajo del 1 %.

Los controles por pasos tienen varias desventajas: son considerablemente más onerosos que los controles variables; no suministran ajustes del volumen sobre un rango completo. En tanto que el control variable puede producir atenuación sobre un rango infinito, el control por pasos, debido a la necesidad de limitar el número de posiciones de la llave, sólo puede hacerlo sobre una extensión de aproximadamente 45 o 50 dB, la que sin embargo resulta suficiente en la mayoría de las circunstancias.

Ubicación del control de ganancia.

La mejor posición para los controles de ganancia se encuentra en una primera etapa del amplificador de control, como se indica en la figura 801. Así, la señal se reduce antes de que tenga la posibilidad de excitar alguna etapa con exceso y provocar distorsión apreciable.

Es deseable tener en la primera etapa, más bien que en cualquier otra posterior, no sólo el control maestro de ganancia sino también el de balanceo, por cuya razón, en muchos amplificadores se disponen ambos controles juntos en la forma indicada en la figura 815.

La figura 816 se refiere a la situación que se presenta en algunos amplificadores estereofónicos en los que el control maestro de ganancia se encuentra ubicado en la primer etapa y los controles individuales para cada canal, destinados al balanceo, están dispuestos en la etapa amplificadora siguiente. En estas condiciones, si los controles

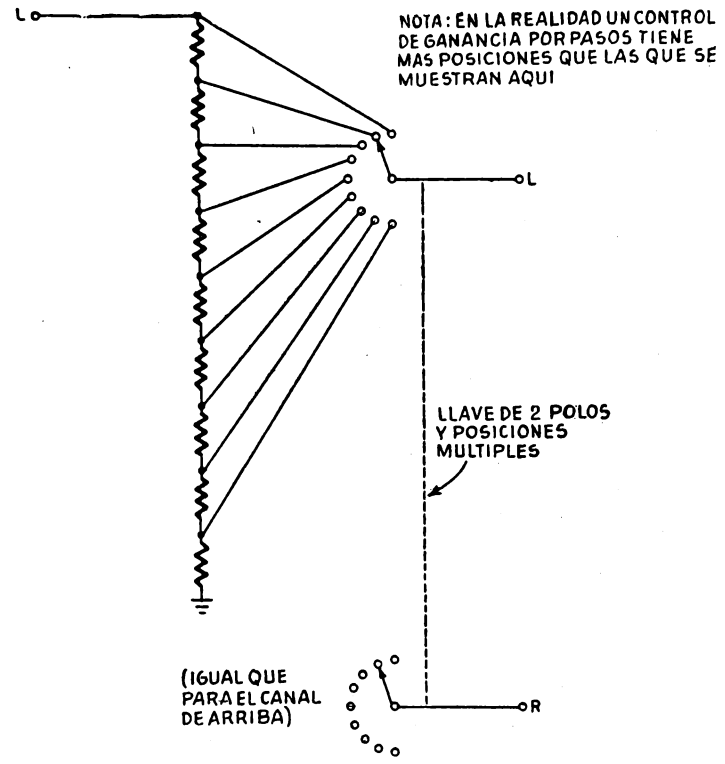


Fig. 814. *Los controles maestros de ganancia por pasos producen un error de arrastre menor del 1% cuando se usan resistores de precisión.*

de balanceo están ajustados en una posición relativamente baja, debe llevarse el control maestro a una posición correspondientemente alta para obtener el nivel deseado de sonido. Si el oyente gusta escuchar la música a un volumen elevado, el control maestro quedará avanzado a un punto tal, que la señal excitará la etapa siguiente con suficiente intensidad como para producir distorsión. Para operar correctamente un amplificador de este tipo, deben avanzarse los controles individua-

les de ganancia tanto como lo permita el balanceo entre los canales y luego ajustar el control maestro hasta obtener el volumen total que se desee. Estando así los controles individuales en posiciones altas, el control maestro se fijará en una posición correspondientemente reducida limitando la señal que pasa a la etapa siguiente.

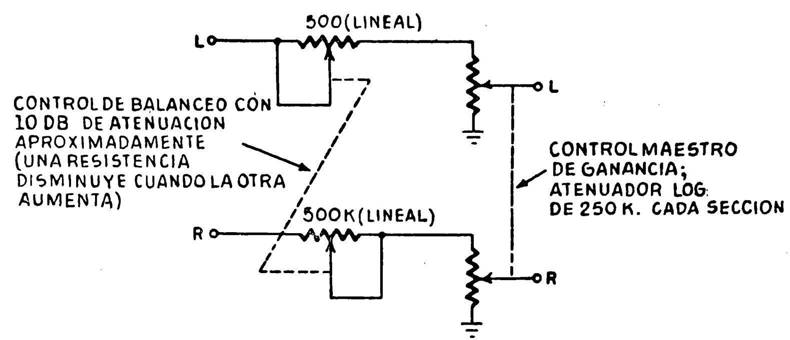


Fig. 815. *Para ubicar los controles maestro de ganancia y de balanceo en una de las primeras etapas, algunos amplificadores utilizan controles combinados.*

El procedimiento anterior da lugar a un inconveniente cuando el control maestro de ganancia incorpora compensación de sonoridad. Si los controles individuales están muy avanzados, el control maestro se habrá dispuesto, consecuentemente, en una posición retrasada y en esa forma introducirá excesiva compensación. Puede ser necesario

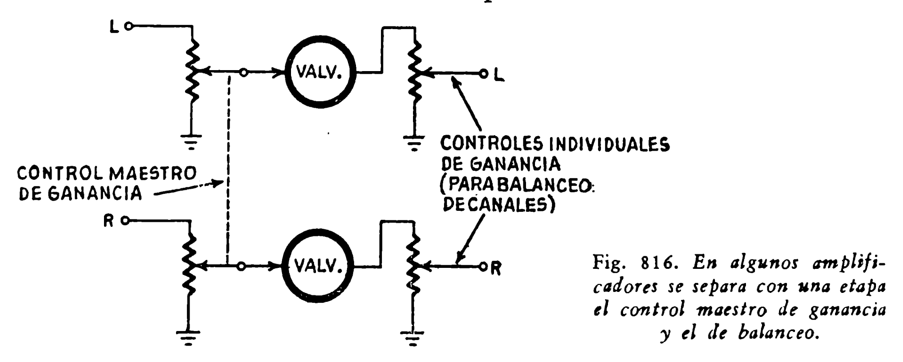


Fig. 816. *En algunos amplificadores se separa con una etapa el control maestro de ganancia y el de balanceo.*

entonces, llevar algo hacia atrás los controles individuales para permitir la reducción del ajuste correspondiente al control maestro de modo que éste establezca una menor compensación de sonoridad. O también, como una alternativa preferible, podría anularse el dispositivo compensador de sonoridad —la mayoría de los amplificadores de estéreo incluyen una llave para hacerlo— y dejar a cargo de los controles de graves y agudos la misión de suministrar el refuerzo de frecuencias requerido en los niveles bajos.

Controles de tono.

Es tema de discusión la cuestión de si los controles de graves y agudos correspondientes a los dos canales deben accionarse solidariamente, como en el caso del control maestro de ganancia, o no.

Los controles de tono acoplados mecánicamente simplifican la operación y la apariencia; en cambio, los controles de tono individuales para cada canal permiten mayor flexibilidad, facilitando la solución de los problemas previsibles e imprevisibles que se originan en la reproducción estereofónica. Si el amante del estéreo utiliza diferentes sistemas de parlantes para ambos canales, encontrará necesario introducir diferentes valores de corrección en graves y agudos para cada canal, a efectos de obtener el mejor balanceo posible. Aún cuando se haga uso de sistemas de parlantes apareados, su ubicación y orientación con respecto al oyente puede exigir distintas clases y cantidades de corrección tonal y por añadidura, las diferencias en la fuente de señal podrían reclamar variados ajustes de graves y agudos en cada canal. Así por ejemplo, al recibir un programa estereofónico en MF-MA, sería conveniente aplicar mayor refuerzo de agudos a la señal de MA solamente, para compensar la deficiencia usual en esa gama que se presenta en este canal, o bien pueden diferir de canal a canal las características tonales de una cinta o un disco estereofónico.

En resumen, parece que en el estado actual de desarrollo del estéreo, deben preferirse los controles de tono separados para cada canal que los acoplados. No obstante, con nuevos progresos, incluído la transición del sistema de broadcasting en MF-MA al MF múltiplex, con el uso más extendido de sistemas de parlantes apareados y con la mayor uniformidad en la respuesta de frecuencias en cada canal de los discos y cintas estereofónicas, puede esperarse que las presentes ventajas de los controles de tono separados resulten menos pronunciadas.

Control de sonoridad.

En los amplificadores de control monofónicos, el medio clásico de compensación de sonoridad (fig. 801) está representado por un control separado llamado control de sonoridad, que introduce refuerzo de graves en cantidades sustanciales y de agudos en cantidades moderadas (a veces ninguna) a medida que se reduce el volumen. El propósito del control de ganancia es ajustar el volumen de modo tal que en la posición máxima del control de sonoridad el nivel de sonido corresponda aproximadamente al de la ejecución original. Luego, se gobierna el volumen con el control de sonoridad de modo que al reducirlo desde el nivel original, el refuerzo de graves y agudos introducido compense la aparente pérdida de los mismos.

Debido a la complejidad del amplificador estereofónico, la mayor parte de los fabricantes han eliminado los controles separados de ganancia y sonoridad; la práctica general consiste en incorporar una llave que convierte el control maestro de ganancia en uno de sonoridad. En la posición de desconectado de la llave, el control maestro aumenta o disminuye el nivel en la misma proporción para todas las frecuencias; en la posición de encendido de la llave, se refuerzan o atenúan varias frecuencias en diferentes cantidades de suerte que para ajustes reducidos del control, hay en efecto refuerzo de graves y agudos, siendo éste tanto mayor cuanto más baja es la posición del control.

Desafortunadamente, el uso de un control de sonoridad sin que exista un control de ganancia separado, no permite que la posición máxima de aquél corresponda a los niveles de la ejecución original; esta circunstancia trae aparejada una dificultad: el control de sonoridad puede producir excesiva o insuficiente compensación. En ocasiones, el inconveniente puede superarse usando el control de volumen de un sintonizador de radio o de un aparato reproductor de cinta, para desempeñar la misma función del control de ganancia separado del amplificador, pero esto no siempre es posible o practicable, especialmente en el caso de los fonocaptores que no poseen este control. En consecuencia, el propietario de un amplificador estereofónico podrá encontrar más acertada la solución de desconectar la llave de sonoridad y efectuar la compensación con los controles de graves y agudos.

Conmutación de los canales.

Si bien la función básica de un amplificador de control estereofónico consiste en aceptar las señales de los canales L y R de una fuente de señal tal como un disco o una cinta, e inyectarlas a los amplificadores de potencia y sistemas de parlantes respectivos, debe ser capaz también de ejecutar una cantidad de funciones conmutadoras para permitir el balanceo entre canales, la audición de fuentes monofónicas, la corrección de los errores de fase o la identificación de canales en una fuente, etc. Existen varias formas de conmutación que pueden resultar útiles al estereófilo y aunque la mayoría de los amplificadores proveen buena parte de ellas, muy pocos las incluyen en su totalidad.

Estéreo invertido.

Permite introducir la señal L en el canal derecho y la R en el izquierdo. Cuando los canales de un disco o una cinta están invertidos, el oyente debe poseer los medios de reparar el error y aunque es pro-

bable que tales errores sean eliminados con el tiempo, la necesidad de invertir los canales queda justificada por otras razones. Por ejemplo, cuando los grabacionistas aficionados reproduzcan sus propias cintas o las de sus amistades, no reducirán los errores en la misma medida en que lo hacen los profesionales. Otro aspecto más importante es que no existe aún norma alguna para saber si ha de reproducirse con el parlante izquierdo la porción de MA o la de MF de una transmisión en MF-MA; lo mismo reza para los dos canales de una difusión estereofónica en múltiplex. Aunque la referida norma ha de establecerse

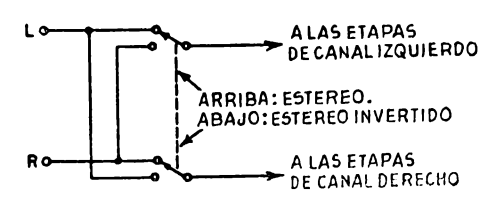


Fig. 817. *En los amplificadores estereofónicos se incluye a veces una llave inversora de canales.*

eventualmente, está aún lo suficientemente lejos como para que quede justificada en la actualidad la inversión de los canales. Por último, el aficionado con inclinaciones experimentales podría interesarse por los efectos producidos al invertir los canales aún cuando tal inversión no sea necesaria. Es aceptable también, que para cierto tipo de reproducciones o en circunstancias especiales, la inversión pueda favorecer el efecto atractivo de la música; en un caso que llamó la atención del autor, varias personas señalaron que la reproducción de una selección especial en música de órgano resultaba mejorada por la inversión de

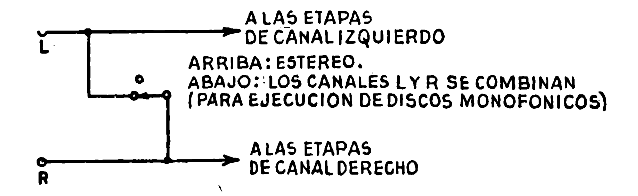


Fig. 818. *Llave para combinar las salidas de los amplificadores estereofónicos a los efectos de la audición monofónica.*

los canales, aunque esta última no se había producido accidentalmente en la fuente de origen.

Conmutación para el balanceo.

Permite que la señal L pueda inyectarse bien en el canal izquierdo, bien en el derecho, como se ilustra en la figura 808. Conmutando alternativamente la señal de uno a otro canal, se facilita el balanceo entre los niveles sonoros de dos sistemas de parlantes. Cuando el amplificador de control incorpora una llave para invertir los canales, no resulta estrictamente necesaria la conmutación para el balanceo ya

que la primera puede desempeñar la misma función, a condición de que se desconecte del amplificador la fuente de señal R. Sin embargo, la supresión de la señal R puede resultar a veces inconveniente, como en el caso de utilizarse un disco estereofónico.

Conmutación para discos monofónicos.

Permite combinar las señales L y R e inyectar la señal resultante en ambos canales, como se ve en la figura 818; también pueden combinarse las salidas de los dos canales justamente antes de que abandonen el amplificador de control. La posibilidad de esta combinación es deseable cuando se reproduce un disco monofónico con una cápsula estereofónica. En verdad, cada canal de la cápsula de estéreo entrega la misma señal de audio, de modo que la reproducción de cualquiera

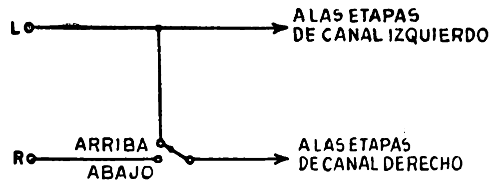


Fig. 819. *Llave de cuasi-estéreo para obtener un efecto estereofónico de una fuente de material monofónico.*

de ellos proporcionará el sonido total pero no obstante, la combinación de las señales da lugar a dos beneficios. 1) "El rumble" vertical, generalmente más importante que el horizontal, queda cancelado en un grado apreciable. Los dos canales de una cápsula estereofónica tienen de ordinario sus salidas en fase con respecto al movimiento lateral del estilo y fuera de fase con respecto al movimiento vertical. Ahora bien, al ejecutar una grabación monofónica, que contiene solamente información lateral, las salidas de las dos secciones estarán en fase con respecto al material de programa y en oposición con respecto al "rumble" debido al movimiento vertical; de este modo, las señales de audio se suman en fase mientras que las de "rumble" vertical lo hacen fuera de fase cancelándose en buena proporción. 2) Se obtiene mayor salida de la cápsula con el consecuente aumento de la relación señal-ruido, tomando en cuenta el ruido introducido por el amplificador.

Conmutación para cuasi-estéreo.

Sirve para inyectar la señal L (o la R) en cada uno de los canales, como en la figura 819, lo que permite escuchar una fuente monofó-

nica en ambos sistemas de parlantes y lograr así un efecto de cuasi-estéreo. Si bien un sistema que incluye conmutación para discos monofónicos permite en cierto sentido la conexión para cuasi-estéreo,

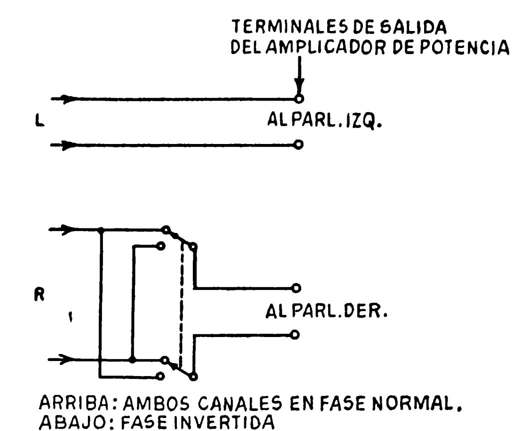


Fig. 820. *Llave para inversión de fase insertada en los conductores de uno de los parlantes estereofónicos.*

lo recíproco no es cierto; en algunos amplificadores puede introducirse la señal L en ambos canales pero no la R al mismo tiempo.

Inversión de fase.

Permite invertir la fase de un canal con respecto a la del otro. Cuando el sistema estereofónico contiene un amplificador de potencia, se logra este resultado con mayor facilidad invirtiendo los conductores que llegan a los terminales de un grupo de parlantes, como se indica en la figura 820. Cuando se trata de un amplificador de con-

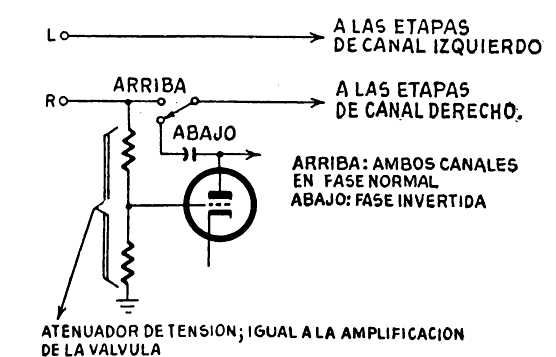


Fig. 821. *Puede incluirse en un amplificador de control esta llave inversora de fase electrónica.*

trol solamente, la inversión se lleva a cabo electrónicamente (fig. 821). La señal presente en la reja de una válvula amplificadora de tensión tiene fase opuesta a la que aparece en placa de modo que haciendo pasar la señal de uno de los canales a través de una etapa valvular suplementaria, se provoca en la misma un cambio de fase de

180°. Toda amplificación que pudiera tener lugar, se compensa con un atenuador de tensión dispuesto antes de la válvula. Si bien las fuentes de programa inscriptas en discos o cintas se mantienen cuidadosamente en su fase adecuada, las imprevisibles consecuencias de las distintas ubicaciones de los micrófonos y los parlantes hacen factible que el cambio de fase de un canal pueda concretarse en un sonido de mayor calidad. Por otra parte, es posible que se presenten errores de fase en las grabaciones realizadas por aficionados y aun por profesionales. En consecuencia, una llave para la inversión de fase ha de resultar de utilidad; si los sonidos de ambos sistemas de parlantes tienen sus fases incorrectas, la orientación espacial será inapropiada, especialmente para los sonidos que deban producir la sensación de emerger en el área situada a mitad de camino entre los dos parlantes.

Todas las funciones de conmutación se cumplen usualmente con el concurso de una sola llave, excepto la inversión de fase. No obstante, en algunos amplificadores de control se hace uso de llaves diferentes.

Control de mezcla.

Uno de los mayores problemas que se presentan en el estéreo, es la aparente ausencia de sonido en el espacio comprendido entre los dos parlantes. Cuanto más separados estén los micrófonos durante el proceso de grabación o los parlantes en la reproducción, tanto mayor será la sensación del efecto de "hueco en el centro".

Uno de los medios de reducir este efecto, consiste en introducir algo de la señal L en el canal derecho y algo de la R en el izquierdo

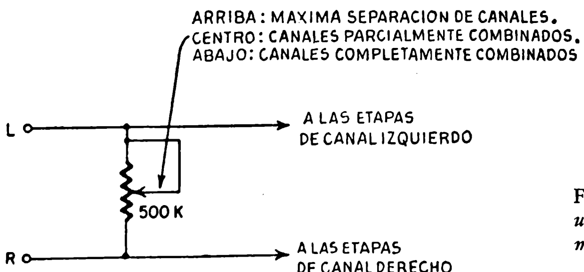


Fig. 822. *Control de mezcla utilizado para facilitar la eliminación del efecto de "hueco en el centro".*

de suerte que se reduzca la diferencia en la naturaleza de los sonidos que provienen de la izquierda y de la derecha; cuanto más se asemejen los sonidos en cada sistema de parlantes, tanto menos pronunciado será el hueco en el centro. El control de mezcla cumple esta función combinatoria, permitiendo al oyente fusionar las señales izquierda y derecha en cualquier proporción. Como puede observarse en la figura 822, este control está constituído simplemente por una resistencia

variable que liga los dos canales; la resistencia es suficientemente grande como para que produzca una mezcla insignificante de las dos señales con el cursor en la posición máxima superior. A medida que este último se desplaza hacia abajo, la resistencia entre los canales disminuye, determinando la mezcla parcial de las dos señales; en la posición mínima del cursor, la fusión es completa y el resultado logrado equivale al que se obtendría con la llave para discos monofónicos.

Salida de canal fantasma.

Un paso más avanzado hacia la eliminación del hueco en el centro, consiste en combinar las señales izquierda y derecha para luego introducirlas en un tercer parlante central. A las señales así combinadas se las indica con la denominación de canal fantasma; al mismo tiempo

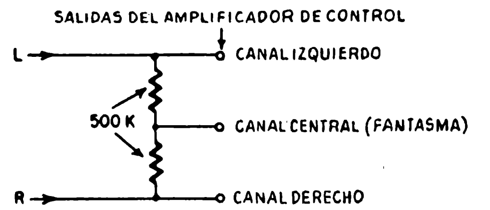


Fig. 823. *Algunos amplificadores de control incluyen este tipo de circuito para suministrar una salida de canal fantasma.*

se conservan los canales originales para alimentar los sistemas de parlantes izquierdo y derecho.

La figura 823, muestra el método básico aplicado en algunos amplificadores de control para suministrar una salida de canal fantasma (central); entre las salidas de los canales izquierdo y derecho se conectan dos resistores en serie y de la unión de los mismos, se toma la alimentación para la salida del canal central. Los resistores acoplan el canal fantasma a los canales izquierdo y derecho, pero sus valores son suficientemente altos como para aislar estos canales entre sí.

La técnica de la figura 823 utiliza una relación fija entre las señales L y R. Si el control de balanceo se ajusta de modo tal que un canal, por ejemplo, el L, produzca más señal que el otro (tal vez para compensar la menor eficiencia del sistema de parlantes izquierdo) el canal fantasma tendrá mayor proporción de señal L que de R. En consecuencia, resulta de suma importancia disponer el sistema estereofónico de tal forma (fig. 804), que iguales señales en los canales L y R determinen iguales sonidos en los parlantes izquierdo y derecho; en estas condiciones, el ajuste del control de balanceo que equilibre el volumen sonoro en los dos parlantes, corresponderá a señales de igual nivel en los canales L y R, por lo cual el canal fantasma participará de ambas señales en la misma proporción.

Hay varias razones por las que puede resultar provechoso poseer el control sobre la proporción en que se combinan las señales L y R en el canal fantasma. Por ejemplo, puede ser deseable el predominio de la señal izquierda debido a que no puede ubicarse el parlante central exactamente en la mitad de la distancia entre los otros dos sino más cerca del derecho, por razones de decoración.

La figura 824 muestra un circuito que permite este control. Se hace uso de una resistencia variable en lugar de dos resistores fijos y el cursor de la misma se conecta al canal central. De este modo, cuando el cursor se mueve desde la posición central hacia arriba, el canal fantasma contiene principalmente señal L; en la posición media, las

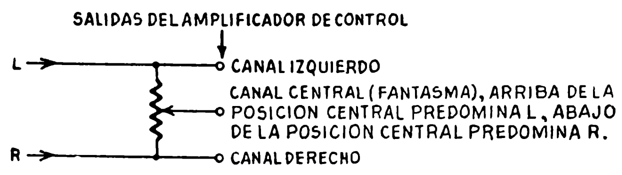


Fig. 824. *Un circuito de salida para canal fantasma en el que se ha previsto la mezcla variable.*

proporciones de señal L y R son iguales; desde esta posición hacia abajo, el mayor porcentaje corresponde a la señal R.

Entradas.

Un amplificador estereofónico debe tener por lo menos tres pares de entradas de alto nivel (para fuentes que produzcan 0,5 volts o más): uno de los pares para sintonizadores, el segundo para cápsulas estereofónicas piezoeléctricas (cerámicas o de cristal) y el tercero para reproductores de cintas. Puede ser conveniente disponer de un cuarto par auxiliar para otras fuentes, tales como el sonido de televisión.

Debe prestarse particular atención a los jacks de entrada destinados específicamente a cápsulas piezoeléctricas; el estéreo ha incrementado la popularidad de este tipo de cápsula, que por su naturaleza es más simple en construcción y más económica de producir que las cápsulas estereofónicas magnéticas, pero que sin embargo proporciona buenos resultados. Las cápsulas piezoeléctricas presentan problemas especiales con respecto a la carga, que no siempre son tomados en cuenta por los fabricantes de amplificadores de control (estéreo o monofónico). Como valor típico se requiere una resistencia de carga de alrededor de 2 megohms —el rango va de 1 a 3 megohms de acuerdo con la marca— para lograr una respuesta relativamente plana en la región de los graves; las cargas muy por debajo de 1 ó 2 meg-

ohms determinan pérdidas en estos últimos. No obstante, los jacks de entrada de alto nivel presentan frecuentemente a la fuente una carga de sólo 510.000 ohms. En consecuencia, el amplificador estereofónico debe suministrar para el uso de un pick-up estereofónico piezoeléctrico, una resistencia de carga adecuada a la cápsula particular de que se trate. Si no se cumple esta condición, puede insertarse fácil y rápidamente el valor correcto de resistencia.

Algunos amplificadores de control poseen un circuito especial cuyo objeto es convertir un fonocaptor piezoeléctrico en el equivalente de una cápsula magnética, en el sentido de que la señal exhibirá la misma respuesta de frecuencias que ésta (caída en los graves y

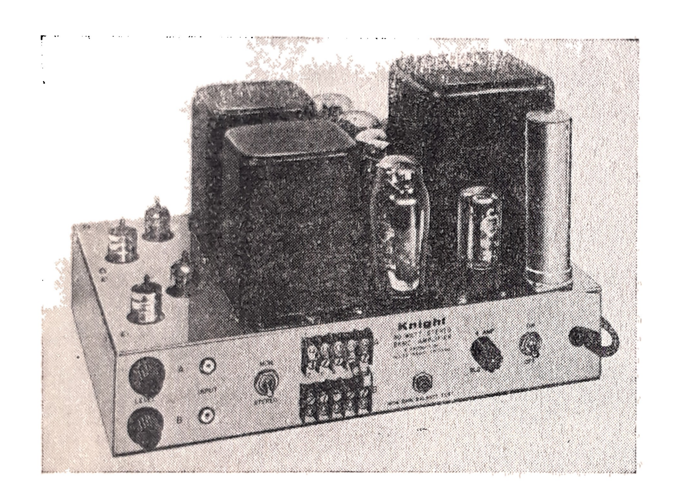


Fig. 825. *Amplificador de potencia estereofónico típico que consiste de dos unidades separadas en un solo chasis.* (Cortesía de Allied Radio Corp.)

elevación en los agudos) y de este modo demandará la misma ecualización para la reproducción. Si se verifica esta disposición en la entrada marcada "pick-up piezoeléctrico", es necesario asegurarse que el circuito de conversión es apropiado para el fonocaptor que se utiliza, para lo cual debe obtenerse la información del fabricante del mismo. Si fuese menester alguna modificación, también puede llevársela e cabo fácilmente con el concurso de un técnico y de acuerdo con las instrucciones del fabricante de la cápsula.

Entre las entradas de bajo nivel se incluyen no solamente las de cápsulas estereofónicas magnéticas, sino también las previstas para recibir directamente las señales de una cabeza reproductora de cintas; algunos amplificadores agregan un tercer par de entradas de bajo nivel para acomodar un micrófono.

La salida de una cápsula magnética de estéreo tiende a ser apreciablemente inferior a la de su contraparte monofónica, en virtud

de los problemas de diseño inherentes a un pick-up estereofónico y debido también a los menores niveles de grabación empleados en los discos. Por lo tanto, el amplificador debe estar dotado de un exceso de sensibilidad a efectos de que la señal librada por la cápsula magnética de estéreo, sea amplificada a un nivel suficiente como para excitar el amplificador de potencia o el sistema de parlantes. Esto significa que el amplificador estereofónico debe ser capaz de entregar por lo menos 1 volt al amplificador de potencia o bien la salida normal (10 watts o más) al parlante, cuando la señal de la cápsula sea de 5 milivolts a 1.000 ciclos.

La sensibilidad —señal de salida para una dada señal de entrada— tendría que ser algo mayor para las entradas destinadas a las cabezas reproductoras de cintas, debido a que las mismas, particularmente en la variedad de cuatro bandas, desarrollan señales apreciablemente menores que las cápsulas magnéticas. Consecuentemente, se requeriría una entrada no mayor de 2 milivolts a 1.000 ciclos para una salida adecuada del amplificador estereofónico.

Amplificadores de potencia estereofónicos.

Comparado con el amplificador de control estereofónico, el amplificador de potencia ha mostrado la tendencia a constituirse en un componente relativamente sencillo, compuesto por lo general de dos amplificadores de potencia en un solo chasis (fig. 825). La ventaja principal de la unidad conjunta sobre dos amplificadores separados,

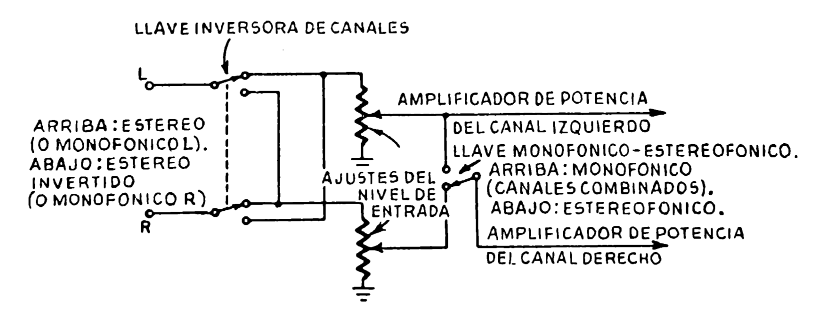


Fig. 826. *Circuitos básicos para conmutación de canales.*

reside en el ahorro de costo y espacio puesto que una sola fuente de alimentación puede servir los dos amplificadores. Además, resulta favorable el hecho de que los amplificadores estén adaptados, ofreciendo semejanzas en la potencia de salida, respuesta de frecuencias y otras características. Por el contrario, si el sistema estereofónico hace uso de dos sistemas de parlantes con eficiencias sensiblemente distintas,

las salidas apareadas pueden constituirse en una desventaja toda vez que un parlante ineficiente requiere mayor energía eléctrica. Así, un parlante puede demandar 30 watts (en los picos) en tanto que otro puede necesitar solamente 5 watts para la misma salida acústica y es poco probable, en el caso de amplificadores de potencia apareados, que

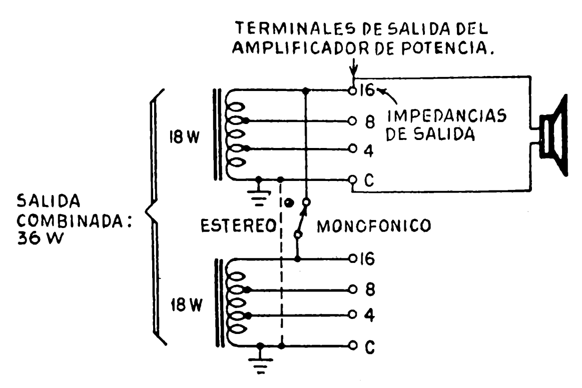


Fig. 827. *Método de conectar un sistema de parlantes monofónicos en ambas salidas de un amplificador de potencia estereofónico.*

uno de ellos pueda entregar 30 watts con distorsión tan baja como la del otro, cuando este último está desarrollando 5 watts.

Los amplificadores de potencia estereofónicos incluyen generalmente los medios para las conmutaciones básicas de los canales; éstos

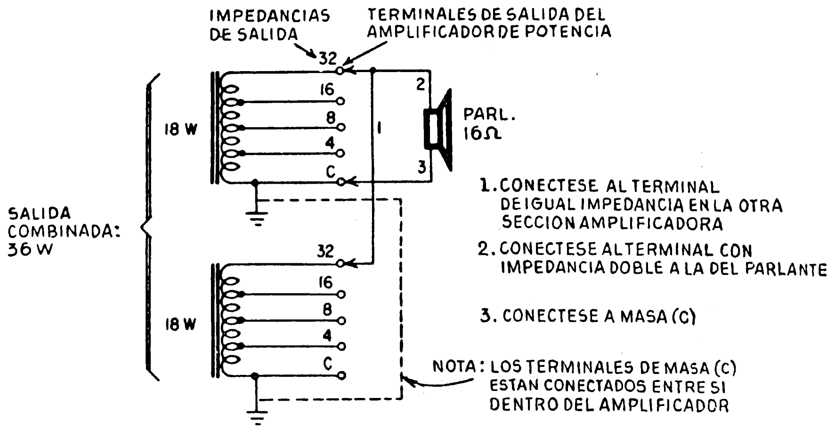


Fig. 828. *Cuando no se incluye una llave para poner en paralelo las salidas del amplificador de potencia estereofónico, se derivarán estas salidas en la forma que se indica.*

se muestran en la figura 826. Una llave INVERSIÓN DE CANALES que cumple la misma función de la llave para estéreo invertido de la figu-

ra 817. Una llave MONOFÓNICO-ESTEREOFÓNICO, cuyo objeto es similar al de la llave para cuasi-estéreo de la figura 819, y que permite inyectar la señal izquierda (o la derecha) en ambos canales.

En ocasiones, el amplificador de potencia tiene una llave que pone en paralelo ambas etapas de salida, como en la figura 827, con lo cual se duplica la energía total que puede alimentarse a un sistema de

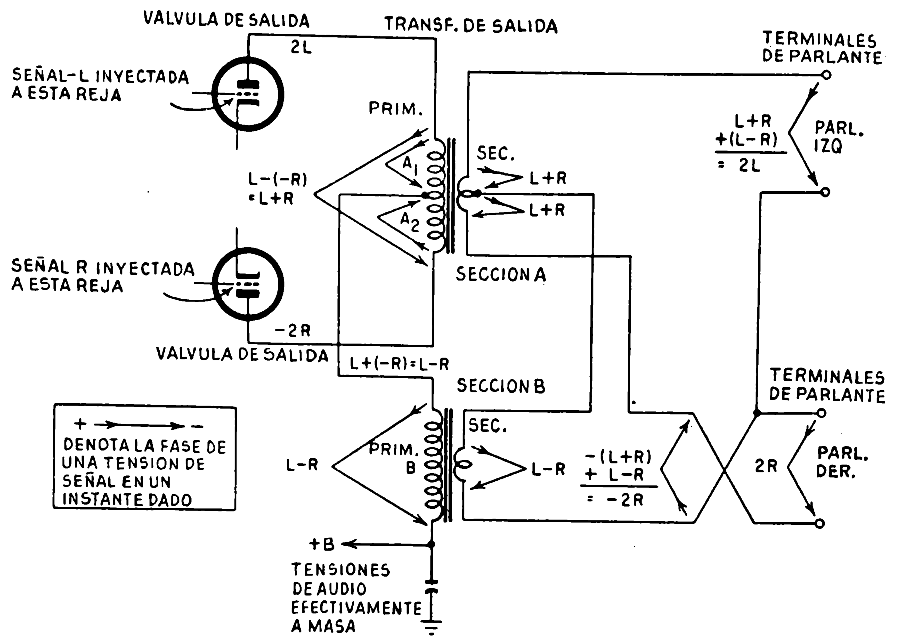


Fig. 829. *Amplificador de potencia estereofónico simplex de la CBS que utiliza solamente dos válvulas de salida.*

parlantes monofónico.. Cuando no se suministra esta llave, el oyente puede acoplar fácilmente entre sí las etapas de salida en la forma que se indica en la figura 828. Suponiendo que el parlante monofónico tiene una impedancia de 16 ohms, será necesario poner en paralelo las derivaciones correspondientes a 32 ohms para efectuar correctamente la adaptación, ya que al poner en paralelo los transformadores de salida, la impedancia combinada es la mitad de la que presenta cualquiera de ellos por separado. Ordinariamente, los amplificadores de potencia de alta fidelidad no proveen impedancias de salida mayores de 16 ohms, pero algunos amplificadores estereofónicos incluyen transformadores con derivaciones para 32 ohms (si fuera necesario adaptar un parlante de 8 ohms, no habría problema alguno puesto que bastaría con poner en paralelo las salidas de 16 ohms). La figura 828 señala que se requieren tres conexiones: las salidas de 32 ohms

de los dos transformadores de salida se conectan entre sí; uno de los conductores del parlante se lleva a cualquiera de las derivaciones de 32 ohms y el otro se conecta a masa.

Una nueva concepción modificada del amplificador estereofónico de potencia aparece representada en la figura 829. Al igual que un amplificador monofónico convencional, emplea sólo dos válvulas de salida y un transformador, en lugar de cuatro válvulas y dos transformadores. Se aplica el principio de diferencia de frecuencias en forma similar a la que ya fué descripta en relación con la radiodifusión del estéreo, los discos estereofónicos y los micrófonos.

Supongamos que se aplica una señal —L en la reja de la válvula de arriba y una señal R en la válvula de abajo. La señal en la placa de una válvula tiene fase opuesta a la que tiene en reja; por lo tanto, en la placa de la válvula de arriba aparece una señal L y en la placa de la de abajo, una señal —R. Para simplificar la explicación, supongamos que la tensión de señal en la placa superior es 2L y en la inferior —2R.

La figura 829 muestra que el transformador de salida está dividido en dos secciones, A y B; la sección A, a su vez, está dividida en A_1 y A_2. Cada sección tiene un primario conectado a las válvulas y un secundario que alimenta los parlantes estereofónicos. Consideremos en primer lugar las señales que se desarrollan en los arrollamientos primarios; la señal 2L (entre placa y masa) se reparte entre los bobinados A_1 y B (este último está efectivamente a masa para las tensiones de audio), introduciendo así la señal L en cada uno de ellos; en forma similar, la señal —2R contribuye con tensión —R a los bobinados primarios A_2 y B. La tensión total a través del primario A (es decir los bobinados primarios A_1 y A_2 en serie) resulta de la diferencia entre las tensiones de las mitades superior e inferior del mismo, o sea L —(—R), que equivale a L + R. La tensión total en el primario B está formada por la suma de las señales presentes en el mismo, es decir L + (—R), equivalente a L — R.

Por la acción de transformación, la señal L — R aparece en el bobinado secundario B y la L + R en cada uno de los bobinados secundarios A_1 y A_2. La tensión del secundario B se combina con la del secundario A_2 *fuera de fase,* para producir (L — R) + (— L — R), igual a —2R. A continuación, —2R se transforma en 2R invirtiendo los conductores que van a los terminales del parlante. Por otro lado, la tensión del secundario B se combina con la del secundario A, *en fase* originando (L — R) + (L + R), equivalente a 2L; ésta se inyecta a los terminales del otro grupo de parlantes.

Toda vez que las señales L y R son similares, lo que resulta generalmente aceptable en vistas de que ambas señales son generadas por

la misma fuente de sonido, el valor de L + R es sensiblemente mayor que el de L — R. Para las señales L + R, las válvulas de la figura 829 operan en la modalidad push-pull convencional, que permite manejar mayores cantidades de potencia con baja distorsión que si tales válvulas funcionaran en la conexión paralelo. En el caso de la señal L — R, la potencia contenida en la misma será ordinariamente muy inferior a la de la señal L + R, y ello tiende a compensar la circunstancia de que las válvulas funcionan en paralelo más bien que en

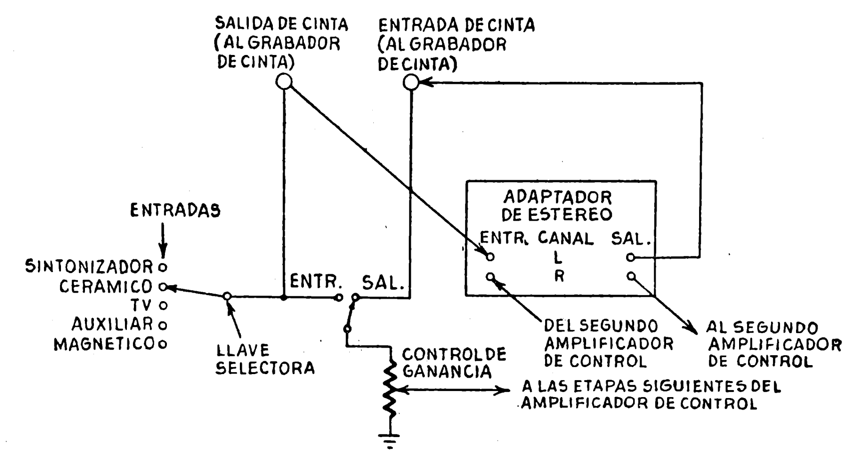


Fig. 830. *Puede usarse la llave monitor-cinta de un amplificador de control monofónico para la conexión de un adaptador de estéreo.*

push-pull para las señales L — R. Las bajas frecuencias, donde los problemas de distorsión adquieren mayor envergadura, están esencialmente en fase (L + R), de modo que son tratadas por las válvulas de salida en la disposición push-pull con la consecuente reducción de la distorsión.

El circuito de la figura 829 hace factible una apreciable disminución en el costo y tamaño del amplificador de potencia estereofónico; es de esperar que desarrollos similares en los amplificadores de control, reduzcan la complicada estructura de las unidades actuales.

Adaptadores para estéreo.

Las secciones precedentes han incluído la discusión de tres tipos de amplificadores estereofónicos: amplificadores de control; amplificadores integrales —amplificadores de control combinados con amplificadores de potencia—; y amplificadores de potencia. Una cuarta categoría está formada por las unidades diseñadas para adaptar al uso estereofónico dos amplificadores de control convencionales o dos

amplificadores integrales. Muchos de los adaptadores existentes en el mercado incluyen un control maestro de ganancia, medios para la conmutación de canales y en ocasiones, un control de mezcla; no es común incorporar un control de balanceo debido a que cada amplificador monofónico lleva un control de ganancia.

Algunos adaptadores están destinados a ser insertados entre el amplificador de control y el de potencia; otros están específicamente indicados para su uso con amplificadores de control integrales que contengan una llave MÓNITOR PARA CINTA (fig. 830), con el pro-

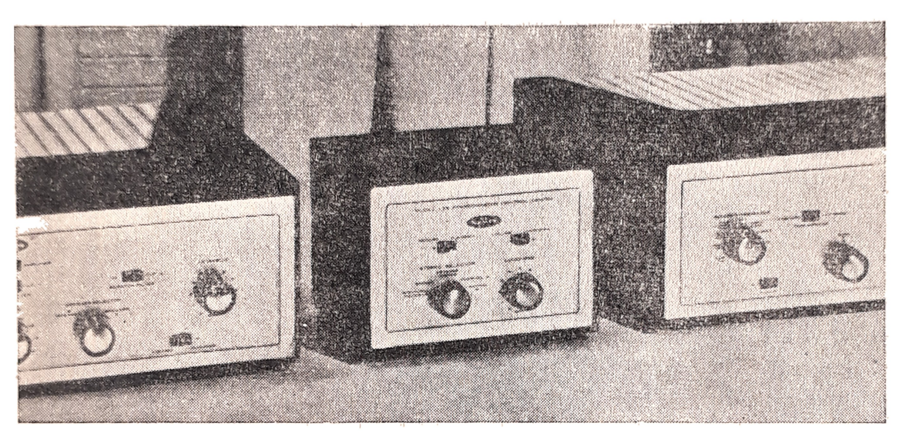


Fig. 831. *Un adaptador estereofónico especial y dos amplificadores de control. Este tipo de adaptador está insertado entre la salida para cinta y los circuitos de entrada. También se comporta como un adaptador de estéreo normal a fin de ser usado con otras fuentes de señal.* (Cortesía de H. H. Scott, Inc.)

pósito de reducir el nivel de la señal antes de las etapas de amplificación del amplificador de control y disminuir de este modo la distorsión. En un amplificador de control de este tipo, no se inyecta la salida de un reproductor de cinta en la misma forma que para otras fuentes de señal, tales como un sintonizador, sino que se lo hace a través de la llave monitor-cinta. En la posición "cinta" de la llave, el amplificador queda conectado a la salida del reproductor; en la otra posición, el amplificador se conecta a la llave selectora que elige entre las entradas para sintonizador, fono, TV, etc.; al mismo tiempo, la llave selectora está *siempre* conectada a un jack de salida destinado a introducir una señal en un grabador de cinta.

Esta disposición permite incluir el adaptador estereofónico en serie entre los jacks de salida y de entrada para cinta. Todas las señales introducidas en el amplificador de control son conducidas al adaptador para estéreo a través del jack de salida para cinta y las señales provenientes del adaptador se llevan, por medio del jack de entrada,

al control de ganancia, control de tono, filtro, etc., del amplificador. Para proceder de este modo, se requiere colocar la llave monitor-cinta en la posición "cinta". La figura 831 es una fotografía de un adaptador para estéreo que ha sido combinado con dos amplificadores de control adecuados para este propósito.

Debido a que el adaptador para estéreo anula los medios para la entrada y salida de la señales correspondientes a cintas, debe sumi-

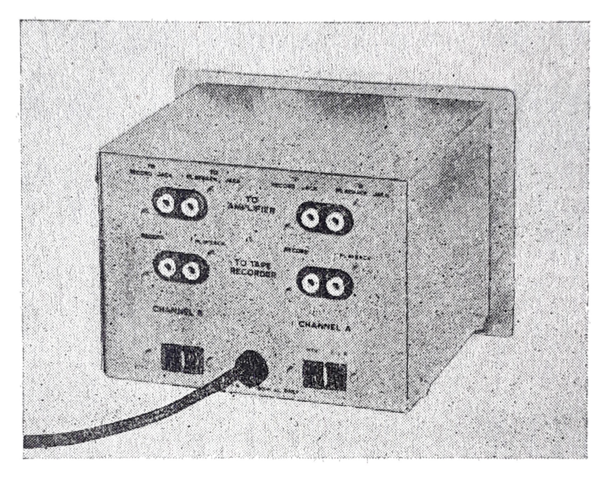


Fig. 832. *Vista posterior del adaptador mostrado en la figura 831. La unidad contiene medios para la conexión de amplificadores monofónicos y para alimentar y aceptar señales desde un aparato de cinta.* (Cortesía de H. H. Scott, Inc.)

nistrar él mismo tales medios. La figura 832 es una vista trasera de un adaptador en la que se muestran los diferentes jacks que sirven para conectar el adaptador a los amplificadores monofónicos y para introducir o aceptar las señales de un grabador de cinta.

El adaptador para estéreo puede emplearse con amplificadores de control monofónicos que no posean una llave monitor-cinta efectuando las modificaciones adecuadas en los mismos, tarea bastante simple para un técnico en audio. La modificación consiste en abrir el camino de la señal entre la llave selectora y la etapa siguiente, y luego conducir la señal a través del adaptador en la forma indicada en la figura 830.

capítulo

9

parlantes para estereofonía

Lo que se ha repetido en muchas oportunidades con relación a la reproducción monofónica resulta igualmente cierto para la estereofonía: en último análisis, el sonido debe provenir desde un sistema de parlantes y no se le ha asignado a este elemento, el eslabón final en la cadena de la reproducción de audio, toda la importancia que merece. En los primeros movimientos alrededor de la estereofonía no se prestó mayor atención a tópicos tales como calidad del parlante, apareado de los mismos, ubicación, fase, etc. El sólo empleo de dos parlantes ubicados a cierta distancia uno de otro se consideraba estereofonía. Ha debido transcurrir bastante tiempo antes de llegar a una apreciación completa de los factores que exigen máxima atención si el sistema de parlantes estereofónicos ha de igualar y aún sobrepasar a los sistemas monofónicos en la prueba decisiva: la satisfacción del oyente.

Ubicación de los parlantes.

La ubicación óptima de los parlantes para estereofonía depende de cuatro factores básicos: 1) la forma en que fueron dispuestos los micrófonos durante la grabación; 2) las dimensiones y propiedades acústicas de la sala en que se verifica la audición; 3) la posición del oyente en la sala y 4) el diagrama de radiación del parlante utilizado.

Es una práctica común distribuir los micrófonos de modo que queden sobre los lados del ángulo formado por el punto de mejor audición y los extremos de la fuente musical (ver fig. 705). En la reproducción, debe buscarse de disponer los parlantes de suerte que formen el mismo ángulo con respecto al oyente. Este ángulo está comprendido usualmente entre 30° y 45°. Consecuentemente, se ayudará a lograr resultados satisfactorios ubicando los parlantes de modo tal que sus ejes formen un ángulo de 30° a 45° con el oyente.

Esto no significa que la única posición adecuada para la audición se encuentre en la convergencia de las líneas que forman el ángulo de 30° ó 45° con los parlantes. Si el oyente se mueve alrededor de la sala, el efecto estereofónico será alterado pero no destruído; el ca-

rácter del sonido que se escucha en una sala de conciertos, night-club, etc., cambia en buena proporción de acuerdo con la posición elegida. La cuestión importante es que el oyente quede ubicado dentro del diagrama de radiación de ambos parlantes (fig. 901). La mayoría

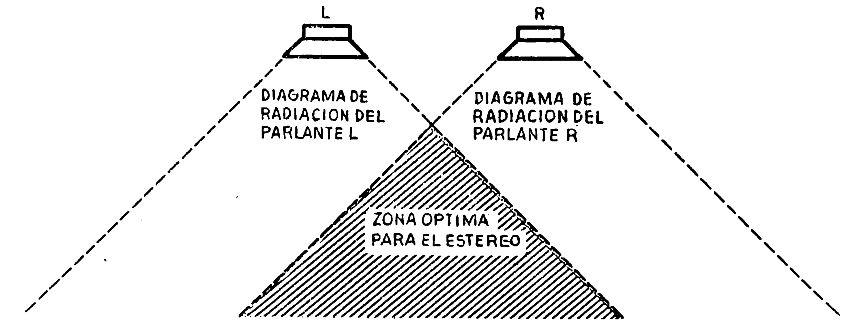


Fig. 901. *Para recibir los beneficios del efecto estereofónico, el oyente debe tomar posición en el área donde los diagramas de radiación de los parlantes se superponen.*

de las opiniones coinciden en que una vez que el oyente se aleje lo suficiente de los parlantes como para hallarse dentro del diagrama de radiación de ambos, experimentará la sensación estereofónica. En

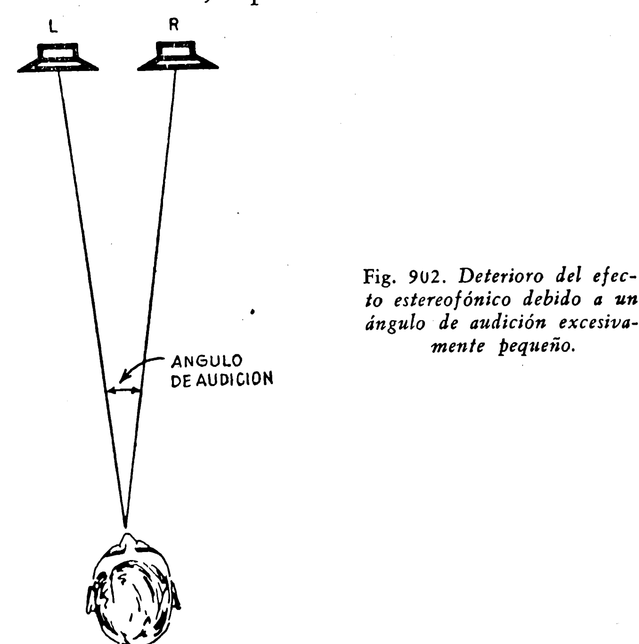


Fig. 902. *Deterioro del efecto estereofónico debido a un ángulo de audición excesivamente pequeño.*

cambio, si retrocede demasiado, de modo que el ángulo formado por los parlantes sea sólo de unos pocos grados (fig. 902), el efecto este-

reofónico se deteriora; dicho de otro modo, a medida que se aumenta la distancia desde el oyente a los parlantes, los sonidos de estos últimos tienden a fusionarse presentándose como una sola fuente en lugar de las dos requeridas.

La mejor distribución de los parlantes depende de las dimensiones de la sala y de si aquellos se disponen contra la pared corta o larga, suponiendo que la sala tiene aspecto rectangular más bien que cua-

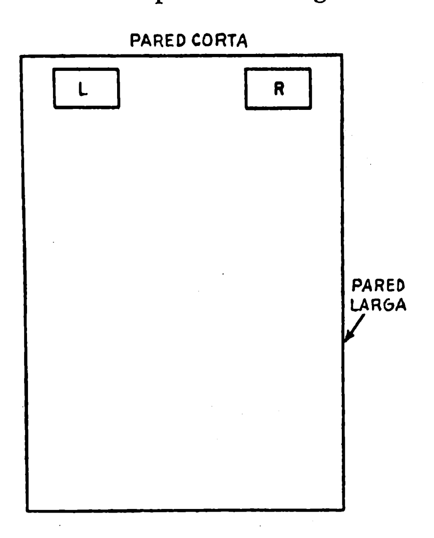


Fig. 903. *Posición recomendada para los parlantes estereofónicos.*

drado. Para facilitar el estudio, razonaremos con referencia a una sala rectangular o a la porción rectangular de una sala que afecte otra forma.

Se recomienda a menudo que los parlantes se dispongan contra la pared más corta (fig. 903), de forma que enfrenten la mayor dimensión de la sala; esto no siempre es posible por razones de decorado, posición de las puertas y ventanas, etc. Cuando los parlantes se encuentran a una reducida distancia de la pared opuesta, las ondas sonoras reflejadas en ésta tienden a combinarse con las que provienen de los parlantes, ya sea para reforzar o cancelar parcialmente estas últimas, produciendo una respuesta de frecuencias irregular. Cuáles frecuencias son reforzadas y cuáles parcialmente canceladas depende de la distancia entre los parlantes y la pared opuesta; si esta pared está cargada de cortinados, el efecto pernicioso se verá reducido.

Cuando los parlantes de estéreo se disponen contra la pared corta, se obtienen los mejores resultados con una separación entre ellos relativamente amplia (fig. 903); así, aún para el oyente ubicado al fondo

de la sala, se conservará bastante extenso el ángulo formado por él y los parlantes. La excesiva separación reduce el área abarcada simultáneamente por el diagrama de radiación de ambos parlantes y por lo tanto, la porción de la sala adecuada para la audición estereofónica;

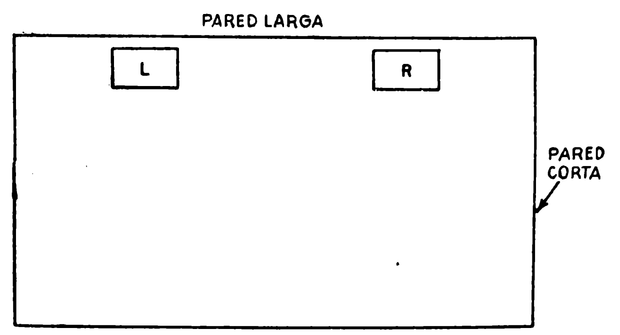


Fig. 904. *Disposición típica de un sistema de parlantes estereofónicos contra la pared larga de una sala.*

por supuesto, una factor incidente en este concepto es el diagrama de radiación de los parlantes particulares utilizados.

Si los parlantes se ubican sobre la pared larga, no debe apartárselos demasiado; en la figura 904 se indica una separación típicamente adecuada. La distancia excesiva entre aquellos no sólo restringe seriamente el área común de sus diagramas de radiación, sino que provoca la aparición de un importante efecto de hueco en el centro.

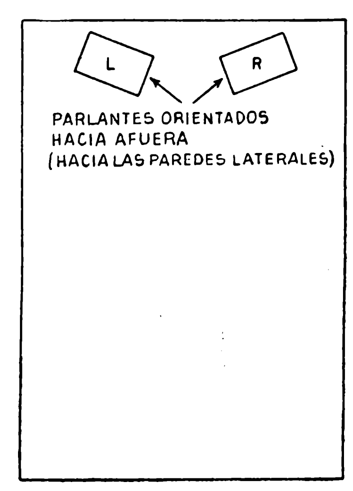


Fig. 905. *Forma de compensar la excesiva proximidad de los parlantes.*

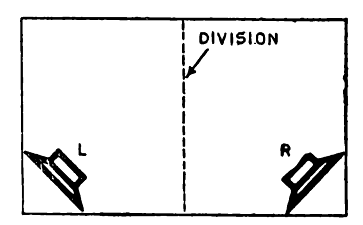


Fig. 906. *Ubicación de parlantes estereofónicos dentro de un mismo gabinete.*

Si por una razón u otra, resulta necesario colocar los parlantes tan juntos como para formar un ángulo relativamente estrecho con el oyente, puede compensarse esta circunstancia inclinando los mismos

hacia afuera, como se ve en la figura 905. Se ha encontrado que tal disposición es capaz de brindar resultados completamente satisfactorios desde el punto de vista estereofónico y sirve en ocasiones como base para la inclusión de dos sistemas de parlantes dentro de un solo gabinete (fig. 906). La figura 907 muestra un sistema de parlantes

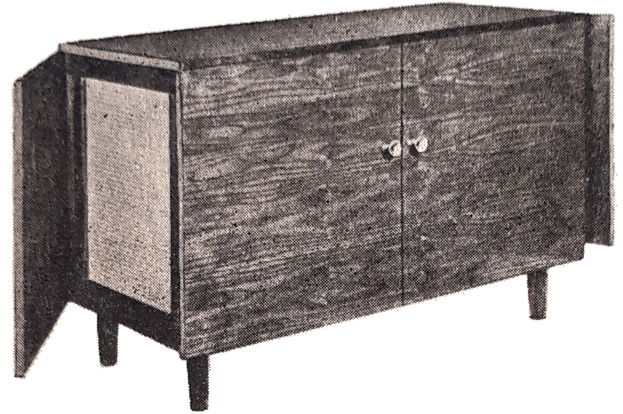


Fig. 907. *Un sistema de parlantes en el que el efecto estereofónico se produce con unidades dispuestas a 180° una de otra.* (Cortesía de R. T. Bozak Sales Co.)

estereofónicos contenidos en un gabinete único, en el que los parlantes están dispuestos a 180° uno de otro; sería éste el caso extremo de inclinación. No obstante, el sonido se refleja en una puerta parcialmente abierta sobre cada costado, de modo que resulta desviado en

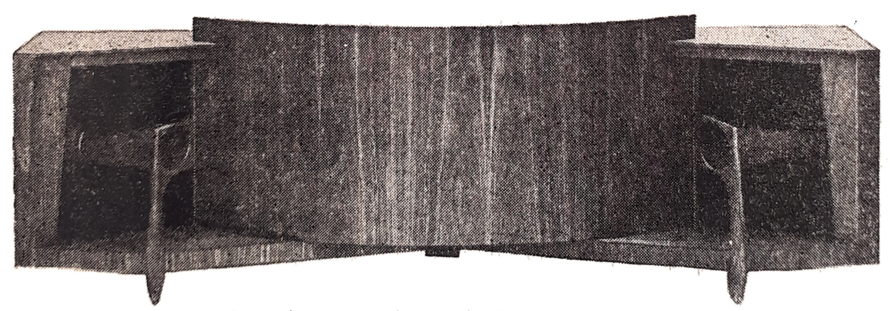


Fig. 908. *Un sistema de parlantes en el que el efecto estereofónico lo producen unidades cargadas con bocinas que se enfrentan parcialmente entre sí.* (Cortesía de James B. Lansing Sound, Inc.)

forma similar a la de la figura 906. La figura 908 muestra otro método de incorporar dos sistemas de parlantes estereofónicos en un solo gabinete; una parte importante del rango de audio, particularmente del que está asociado con el efecto estereofónico, lo producen

los parlantes cargados con bocinas que se enfrentan parcialmente uno al otro; sus sonidos son deflectados por la gran superficie de madera curvada. Existen otros métodos de incluir los parlantes de estéreo en un solo recinto y es indudable que en el futuro habrán aún más.

Ubicación en las esquinas.

Han sido motivo de amplias discusiones los méritos de disponer los parlantes estereofónicos en las esquinas. Para la reproducción monofónica, la ubicación en las esquinas es usualmente satisfactoria y a

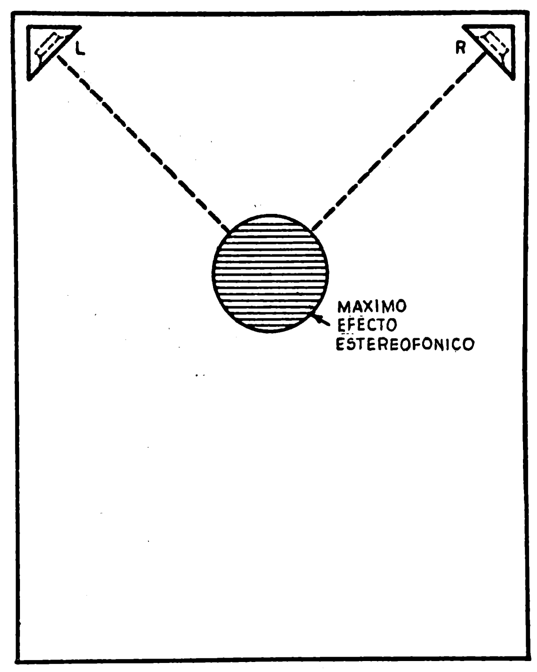


Fig. 909. *Localización del efecto estereofónico atribuída al uso de parlantes esquineros.*

menudo la mejor por varias razones. Sólo se necesita un diagrama de radiación de 90° para cubrir por entero la sala; la esquina favorece la reproducción de las frecuencias bajas actuando como una bocina y el parlante no enfrenta directamente una pared, de modo que el problema del refuerzo y cancelación de las ondas sonoras se mitiga. Para la estereofonía, sin embargo, hay argumentos a favor y en contra.

Desde un punto de vista, la ubicación esquinera de los parlantes tiende a localizar el efecto estereofónico en una área relativamente pequeña (fig. 909); por otra parte, se arguye que la disposición en

las esquinas hace que toda la sala se encuentre virtualmente dentro del diagrama de radiación de ambos parlantes (fig. 910). Cuál de estas opiniones resulta correcta depende de la sala en la que se utiliza la disposición en cuestión, de la distribución de los componentes en

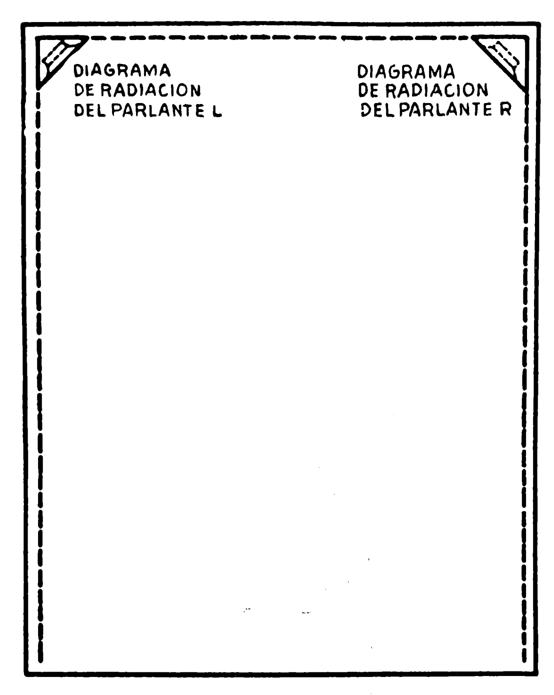


Fig. 910. *Diagrama de radiación atribuído a los parlantes esquineros.*

cada sistema de parlantes y de los diagramas de radiación de estos componentes.

Si la sala tiene superficies marcadamente reflectantes, tales como paredes sin cortinados y pisos descubiertos, las frecuencias medias y altas tienden a dispersarse en forma tal que el efecto estereofónico resulta extendido. La razón básica que abona la consideración de que los parlantes esquineros producen un diagrama localizado, como en la figura 909, es que para las altas frecuencias, el diagrama de radiación de un parlante suele formar una "haz" de sonido; para atenuar este efecto de haz, se considera deseable disponer los parlantes de rango medio y los "tweeters" enfrentando la sala, en lugar de inclinarlos hacia el interior como en el caso de los "woofers". Las bajas frecuencias producidas por el woofer son esencialmente no direccionales y en consecuencia, poco o nada asociadas con el efecto estereofónico, al menos

en lo que a direccionalidad concierne. La mayoría de los sistemas de parlantes previstos para ser usados en las esquinas, están diseñados de modo que sólo pueden colocarse en una de ellas y por lo tanto, no es factible reorientarlos para que enfrenten la sala. En ciertos casos, no obstante, es posible disponer los componentes de rango medio y los "tweeters" únicamente para que adopten esa posición, o bien puede ser necesario retirar estos componentes de su gabinete original

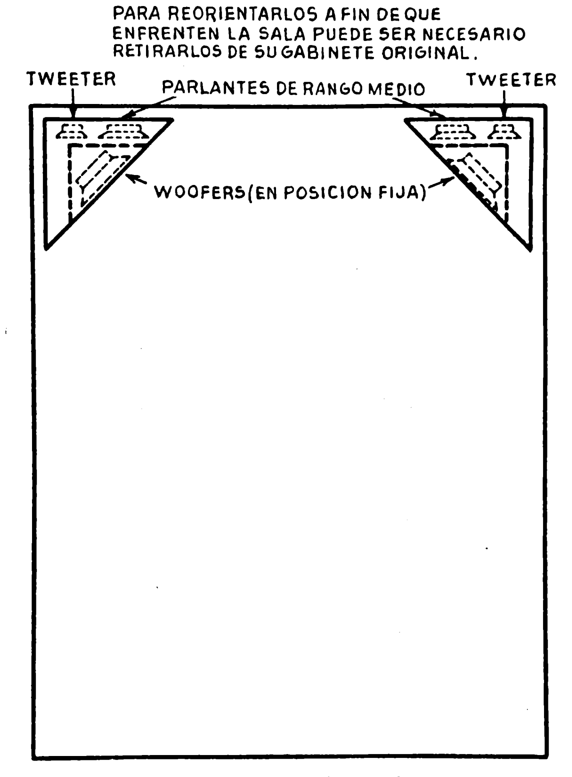


Fig. 911. *Reorientación de los parlantes de rango medio y tweeters para mejorar el efecto estereofónico cuando se usan parlantes esquineros.*

y colocarlos en un pequeño recinto encima de aquél para poder darles la orientación deseada.

Cuando se utilizan parlantes esquineros en la forma ilustrada en la figura 911, el oyente ubicado cerca de una de las paredes laterales disfrutará probablemente de la sensación estereofónica, aún cuando sus oídos reciban mucho más sonido desde un sistema de parlantes que desde el otro en virtud de su posición; esto se debe a que recibe

una porción completa del contenido de altas frecuencias presente en el material de programa. La definición, uno de los atributos importantes de la sensación estereofónica, puede lograrse recibiendo dos versiones de un mismo sonido desde la izquierda y la derecha, como en el caso del oyente ubicado en el medio, entre los dos sistemas de parlantes, y también, por una reproducción efectiva de los transitorios que dan al sonido su carácter. Esta última requiere plena respuesta de altas frecuencias y el oyente próximo a la pared, obtiene tal respuesta cuando los parlantes de agudos se ubican como en la figura 911.

El estudio precedente no representa todos los puntos de vista respecto a la distribución de los parlantes; tampoco los conceptos

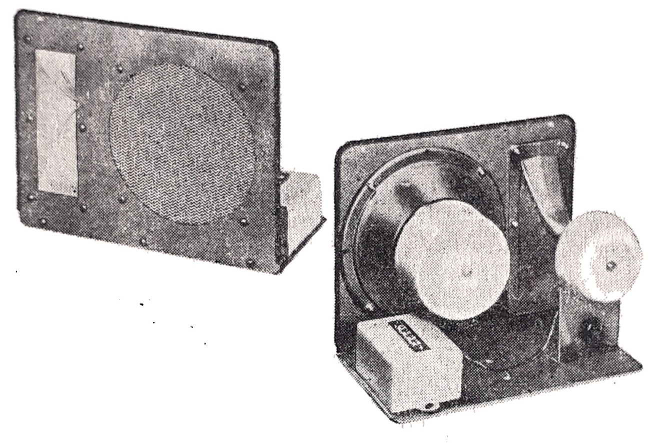


Fig. 912. *A menudo se usa un woofer fijo en conjunto con unidades tweeters y de rango medio, como las que se muestran aquí, para producir la ilusión estereofónica.* (Cortesía de Jensen Mfg. Co.)

vertidos son necesariamente aplicables a todas las circunstancias. No hay dos auditoriums que tengan exactamente las mismas propiedades acústicas y es muy posible que una disposición de parlantes ideal para un ambiente no resulte satisfactoria en otro, aún cuando ambos tengan dimensiones similares. El moblaje de la sala, la ubicación de puertas y ventanas, el material de que está compuesto el piso, las paredes y el cielorraso, la altura de este último, etc., afectan las características acústicas. La única guía segura es la experimentación aunque en realidad, no resulta muy fácil experimentar con la ubicación y distribución de dos sistemas de parlantes, especialmente si son de dimensiones abultadas. No obstante, pueden obtenerse sistemas de parlantes de alta calidad en unidades de tamaño moderado, aptas para facilitar los ensayos del estereófilo.

Uno de estos sistemas (fig. 912) consiste en un woofer colo-

cado en posición fija, como es usual, y de unidades de rango medio y tweeter montadas no sobre el panel frontal del gabinete, sino sobre un chasis giratorio que permite orientarlos en la dirección deseada. La figura 913 muestra varias de las formas en que puede emplearse esta disposición.

Calidad de los parlantes.

Originalmente se pensó que la ilusión estereofónica enmascaraba la distorsión, la respuesta irregular de frecuencias, la salida inade-

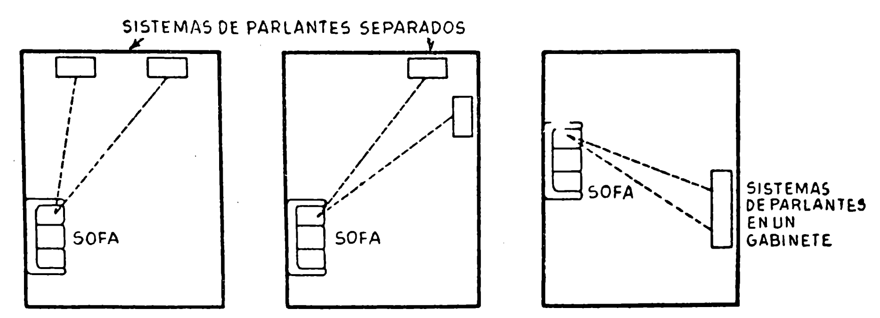


Fig. 913. *Varias formas en las que puede usarse el sistema mostrado en la fig. 912.*

cuada en graves y agudos y otras deficiencias; no obstante, la observación intensiva demostró lo contrario: los parlantes de alta calidad son tan necesarios para la reproducción estereofónica como para la monofónica. Un fabricante destacado ha manifestado lo siguiente:

> "Varios de los experimentadores en este campo han sostenido que muchos de los efectos molestos de la distorsión quedan eliminados en los sistemas estereofónicos; no creemos que sea así. Se ha arribado a conclusiones como la que se acaba de citar en razón de que las cualidades de extensión y directividad de la estereofonía representan una mejora de tal magnitud sobre las fuentes monofónicas de baja calidad, que muchas de las imperfecciones son pasadas por alto. Así, por ejemplo, la fatiga del oyente que se desarrolla subconscientemente, tiene tantas probabilidades de aparecer con parlantes de poca calidad en los sistemas estereofónicos como en los monofónicos; la diferencia reside principalmente en el tiempo de incubación." [1]

Otro fabricante prominente de parlantes establece que:

> "Es tan importante utilizar unidades de alta calidad en un sistema estereofónico como en cualquier otra instalación de fuente única. Pero como es natural, la calidad no está determinada solamente por el precio; el comprador debe elegir cuidadosamente los

---

1 Correspondencia de James B. Lansing Sound Inc.

parlantes que conformen sus preferencias y las características acústicas de la sala particular de que se trate." [2]

Un ambiente con gruesos cortinados y alfombras y con moblaje tapizado tenderá a absorber las altas frecuencias; en consecuencia, un sistema de parlantes que enfatice el rango de agudos puede ser el más apropiado para ese caso.

Ciertas autoridades han afirmado que los sistemas de parlantes que dividen el espectro de audio entre tres o cuatro altavoces no siempre proporcionan el mejor sonido estereofónico; en tales sistemas, la distancia entre los parlantes individuales puede llegar a ser de muchos decímetros. Si bien esto puede resultar beneficioso para la reproducción monofónica, ya que imprime la sensación de una fuente de sonido extendida, para la estereofonía, en cambio, parece obtenerse un mejor comportamiento cuando las fuentes de sonido a la izquierda y a la derecha son estrechas —bien enfocadas— en lugar de difundidas. Dicho en otros términos, cada sistema de parlantes debe proveer un sonido "integrado" más bien que disperso, reservando para el método estereofónico —esto es, para el empleo de dos (o más) sistemas de parlantes— la misión de lograr el efecto de distribución espacial.

Apareamiento de parlantes.

Existe absoluta coincidencia en que se necesitan sistemas de parlantes apareados para lograr plenamente el potencial del estéreo, aunque se insiste en este requisito con diferentes grados de énfasis. Un fabricante ha afirmado a este respecto:

> "Asignamos considerable importancia al uso de parlantes apareados debido principalmente a que se trata de uno de los factores de mayor incidencia en la producción de un buen efecto en la parte central. Este hecho resulta evidente puesto que se produce la sensación de que el sonido emana desde el centro cuando las dos fuentes están en perfecto balanceo; este último debe verificarse no sólo en la intensidad general, sino para cada frecuencia individual." [3]

Otro productor de parlantes ha manifestado lo siguiente:

> "Opinamos que en la auténtica reproducción estereofónica, sólo pueden lograrse resultados consistentes con sistemas de parlantes perfectamente apareados. La idea de que un sistema pueda reproducir mejor los bronces mientras que el otro resulte más adecuado

---

[2] Correspondencia de R. T. Bozak Sales Company.
[3] BOZAK, *op. cit.*

para los violoncelos es válida pero no hay forma de garantizar que el ingeniero en grabación haya tenido en la mente esa combinación peculiar al efectuar el registro. Algún material sonará excelentemente en tal disposición desadaptada, pero la mayoría resultará perjudicado." [4]

En la posición extrema están aquellos que sostienen que el apareamiento no sólo es cuestión de adquirir parlantes de la misma calidad y modelo sino también de seleccionar unidades de características idénticas, en la misma forma que podrían comprarse válvulas por pares para la etapa de salida de un amplificador de potencia. Un editor musical de una importante compañía grabadora, asegura haber encontrado que el efecto estereofónico varía sensiblemente según qué par de parlantes en especial se haya utilizado, aún cuando todos ellos sean de la misma calidad y modelo. Si bien es dudoso que haya muchos estereófilos en condiciones de tener acceso a un grupo de parlantes y de escoger entre los mismos aquellos dos que parezcan armonizar mejor, es posible aproximarse a esta condición adquiriendo sistemas de parlantes de alta calidad, fabricados con estrechas tolerancias y bajo rigurosas normas de inspección, de modo que la producción se mantenga relativamente uniforme de una a otra unidad.

Representando un punto de vista más moderado, un fabricante de parlantes expresa:

"No se requiere que los parlantes sean idénticos pero sí que ambos sean de buena procedencia... Se sobreentiende que el rango de agudos de los dos parlantes debe ser de igual calidad, aunque no precisamente idénticos." [5]

Al decir de igual calidad, el fabricante se refiere presumiblemente a factores tales como uniformidad de la respuesta, distorsión y diagrama de radiación.

Si los sistemas de parlantes no están apareados en lo que se refiere a la respuesta de frecuencias, parte del sonido parecerá viajar de izquierda a derecha o viceversa (fig. 914). Supongamos que en esta figura el parlante izquierdo tenga una respuesta relativamente plana mientras que el derecho presente un pico en la región de los 500 ciclos y un valle a 3.000 ciclos. Imaginemos que un violín, cuyo sonido se emita principalmente desde el parlante izquierdo, ejecuta una nota con una frecuencia dominante de alrededor de 500 ciclos. El pico en el parlante derecho determinará que se produzcan en el

---

[4] LANSING, *op. cit.*

[5] Electro-Voice, Inc. "Application of Electro-Voice Speaker Systems to Stereo Reproduction", *Technical Bulletin Nº 1.*

mismo una proporción indebida de notas en la vecindad de 500 ciclos, provocando un aparente desplazamiento del violín desde la izquierda hacia la derecha. Cuando el violín toca una nota más alta o más baja, producirá la sensación de retornar a la izquierda. Otro instrumento, que debiera emanar desde la derecha y que ejecute un tono en el que predomine la frecuencia de 3.000 ciclos, puede crear la sensación de que se encuentra sobre la izquierda, debido a que el parlante derecho exhibe un valle en la respuesta en la región de los 3.000 ciclos (fig. 914).

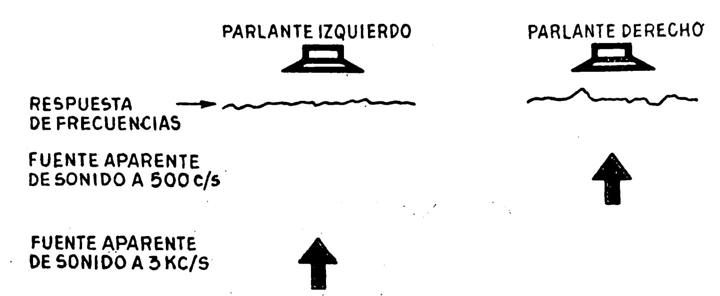


Fig. 914. *Si se usan parlantes no apareados tendrá lugar un aparente desplazamiento de la fuente sonora.*

Fase.

Con el objeto de lograr la ilusión de que el sonido emana no solamente desde la izquierda y la derecha, sino también desde la zona intermedia entre los dos sistemas de parlantes y para evitar la cancelación parcial del sonido, especialmente en bajas frecuencias, es necesario que los dos sistemas de parlantes operen en fase. En consecuencia, deben preverse medios cómodos de cambiar la fase de uno de los canales en 180°. Algunos amplificadores de control e integrales cuentan con tales medios; de lo contrario, puede instalarse fácilmente una llave para inversión de fase (fig. 820 del capítulo precedente) entre uno de los amplificadores de potencia y el sistema de parlantes; entre estos últimos hay algunos que incorporan una llave para tal finalidad. Inyectando un mismo sonido en ambos canales, con iguales niveles, se puede comprobar si la relación de fase es correcta, condición que se evidencia cuando el sonido parece provenir desde un punto intermedio entre los dos parlantes; si las fases son incorrectas, el lugar de origen del sonido resulta indefinido.

En algunos parlantes, con vistas a la aplicación estereofónica, se indica la polaridad de sus terminales; si se conecta una pequeña batería en la misma forma a cada parlante, el elemento móvil se desplazará en ambos casos en la misma dirección. Este sistema se menciona como puesta en fase con batería.

Pero este medio de comprobación no siempre da por resultado la verdadera relación de fase. Podría suceder que uno de los canales del material de programa estuviera accidentalmente fuera de fase, y en tal caso los parlantes quedarían consecuentemente en la misma condición. Si se utilizan amplificadores de potencia o amplificadores de control diferentes, aunque las señales de entrada estén en fase las señales de salida pueden no estarlo, debido a los distintos diseños (número de etapas) de ambos amplificadores Por lo tanto, sería necesario corregir la condición de fuera de fase de la señal invirtiendo las conexiones de uno de los sistemas de parlantes, aún cuando esta disposición no corresponda a la puesta en fase con batería.

Cuando se aplican señales en fase a los parlantes, existe todavía la posibilidad de que las conexiones invertidas en uno de ellos produzca mejores resultados; podría suceder así si los dos parlantes están colocados a distancias esencialmente distintas de la posición habitual del oyente, como se ilustra en la figura 913. En tales circunstancias, la fase de algunas frecuencias procedentes del parlante izquierdo será apreciablemente diferente de la que tendrán las mismas frecuencias cuando provengan del parlante derecho. Los valores de las frecuencias que quedan involucradas en esta situación dependen de la distancia del oyente a cada parlante. Sólo la experimentación permitirá determinar si la fase correcta o la invertida proporciona los mejores resultados en esas condiciones. En todo caso, si la disposición de fases invertidas suena mejor, por lo general sólo se percibirá la ventaja en un área limitada.

Niveles de los parlantes.

En los sistemas monofónicos, muchos audiófilos han buscado aproximarse a la realidad reproduciendo la música a volumen estentóreo, a veces con mayor intensidad *para el oído* que la del sonido original. El alto volumen simula realidad elevando todos los sonidos bien por encima del nivel de ruido del ambiente, definiendo cada instrumento o cada voz, trayendo un aparente equilibrio de las frecuencias bajas con el resto del espectro de audio (efecto Fletcher-Munson) y quizás, estableciendo reverberación adicional en la sala de audición.

En la estereofonía, las tendencias con respecto al volumen que requiere la sensación de realismo son algo confusas, aunque la mayoría se dirige a recomendar un nivel de reproducción similar al del sonido original. Una opinión autorizada sostiene:

> "Una de las ventajas que ofrece el sonido estereofónico sobre el monoauricular [monofónico] es que el nivel sonoro no resulta tan crítico para una reproducción fiel. El estéreo no necesita ejecutarse

con tanta sonoridad como el monoauricular para lograr una completa satisfacción musical." [6]

Sin embargo, esto no significa que en estereofonía los niveles deben reducirse sustancialmente para mantener la ilusión de realidad. Se sostiene simplemente que el estéreo no necesita reproducirse con tanta intensidad como el sonido monofónico que a menudo se ejecuta a un nivel *superior* al del sonido original (para el oído).

Se ha hecho una defensa más concreta de la reproducción estereofónica con alto nivel:

> "... el efecto [estereofónico] es suficientemente impresionante como para proveer algo del realismo que muchas personas tratan de introducir en los sistemas ordinarios reforzando el nivel de la reproducción. Es cierto que con el material de programa estereofónico, no es ya necesario aumentar la intensidad más allá del nivel del concierto vivo para apreciar los detalles finos; pero en el estéreo nos parece aún más deseable que el material se reproduzca a un nivel sonoro natural. La mayoría de los observadores reconocen que a medida que el volumen se reduce, la cualidad realística se desvanece con mayor rapidez que en la reproducción de canal único. Muchas inscripciones en estéreo de obras sinfónicas suenan de modo muy similar al del material de un sólo canal hasta que se reproducen con mucha intensidad; entonces, la orquesta entera se despliega de improviso y el efecto resulta magnífico" [7].

Un balanceo satisfactorio entre los niveles del woofer y del tweeter para la reproducción monofónica, puede no serlo para el estéreo. Concretamente, puede ser más conveniente un nivel más elevado para el tweeter lo que resultará particularmente acertado cuando los parlantes se orientan de tal suerte, que las altas frecuencias en buena proporción, se reflejan en las paredes en lugar de alcanzar directamente al oyente. Coincidiendo con este criterio, un fabricante de parlantes ha formulado la siguiente recomendación con respecto al uso de sus sistemas de parlantes para estereofonía:

> "El ajuste de los atenuadores para agudos y frecuencias muy elevadas... debe llevarse a su posición máxima en la reproducción estereofónica. Es necesario proceder así para preservar el equilibrio de bajos y altos, debido a la excesiva absorción de estos últimos por la reflexión en las paredes." [8]

En virtud del rol desempeñado por las frecuencias más elevadas en el efecto estereofónico, el usuario puede encontrar más agra-

---

[6] BOZAK, *op. cit.*
[7] LANSING, *op. cit.*
[8] Electro-Voice, *op. cit.*

dable incrementar deliberadamente su nivel con respecto al de las notas bajas no direccionales, como medio de destacar aquel efecto.

Parlante para canal fantasma.

Algunos amplificadores de control estereofónicos, suministran una señal de canal fantasma mezclando las señales izquierda y derecha y dejando disponible la resultante en un tercer jack de salida; para aprovechar esta característica se necesita un tercer amplificador de potencia y un tercer sistema de parlantes. No obstante, es posible economizar el costo de otro amplificador conectando el sistema de parlantes centrales a los amplificadores de potencia izquierdo y derecho; la figura 915 muestra uno de los métodos más populares de efectuar esta conexión. Empero, el procedimiento indicado produce cruce de modulación en cierta magnitud; el parlante central actúa como un eslabón entre los amplificadores izquierdo y derecho, de modo que una cierta cantidad de señal izquierda alcanza al parlante derecho y recíprocamente. Pero las observaciones indican que la

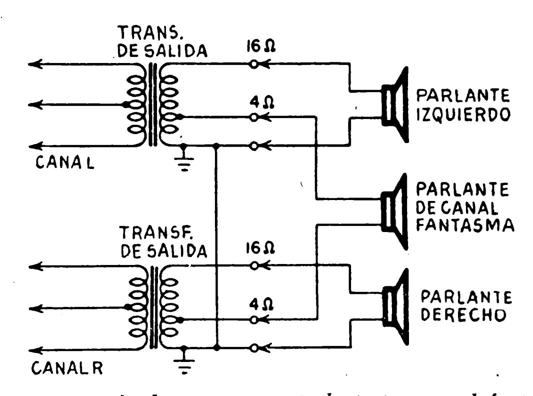


Fig. 915. *Método de conectar un parlante para canal fantasma.*

separación entre canales es bastante superior a 20 dB, posiblemente cercana a 30 dB, y en consecuencia completamente satisfactoria para el estéreo.

Este método, suponiendo que los tres sistemas de parlantes tengan la misma eficiencia, establece en el parlante central una salida acústica inferior a la de cada uno de los parlantes laterales. Queda por dilucidar cuál es la relación más adecuada entre los canales exteriores y el fantasma. En todo caso, el usuario no dispone de medios sencillos para variar los respectivos niveles; si cada parlante estuviera alimentado por un amplificador de potencia, podrían utilizarse los controles del nivel de entrada de los amplificadores para ajustar las intensidades relativas, o en ciertos casos, el amplificador de control

puede poseer un control de ganancia para el canal fantasma. Es factible instalar atenuadores L en los sistemas de parlantes para regular sus niveles, pero la capacidad del amplificador para amortiguar al parlante podría quedar limitada por el atenuador en tal medida, que se presentarían prominencias (resonancias) en las bajas frecuencias, con lo cual los graves aparecerían menos limpios y el sonido en conjunto, "turbio". Esto depende del sistema de parlantes empleado.

El método de la figura 915 presenta el problema de la cancelación de señales: supongamos que hay señales iguales en los canales izquierdo y derecho, lo que puede suceder con determinadas técnicas

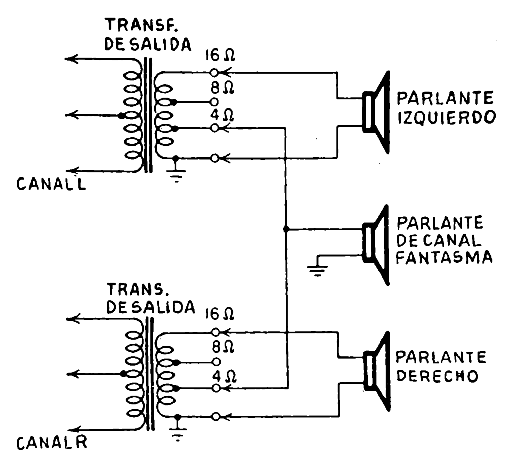


Fig. 916. *Método alternativo de conectar un parlante para canal fantasma a dos amplificadores de potencia estereofónicos.*

microfónicas; no existirá entonces diferencia de potencial eléctrico entre los terminales de 4 ohms (o cualquier otro par de terminales homólogos) y en consecuencia no habrá señal. Sin embargo, en el material de programa estereofónico real hay generalmente diferencias en amplitud y fase entre señales iguales, de modo que aparecen potenciales de señal entre terminales homólogos; pero esto no significa que no tenga lugar la cancelación. Para prevenir todo efecto de cancelación que pudiera presentarse, una técnica alternativa consiste en conectar el parlante central a las salidas en paralelo (fig. 916). Pero este método tiene la desventaja de que el cruce de modulación es apreciablemente mayor que en el caso de la figura 915; la separación entre los canales izquierdo y derecho es probable que llegue entonces a algo menos de 20 dB, lo que representa por principio una situación seria cuya importancia depende del material

de programa y de la medida en que se cuente para el efecto estereofónico con la distinción entre izquierdo y derecho.

¿Cuál sería la mejor relación, suponiendo que el nivel del parlante central pudiera ajustarse en relación con el de los parlantes laterales? Las opiniones autorizadas son diversas, de modo que en el estado actual, la respuesta más acertada ha de encontrarla el estereófilo por sus propios medios a través de la experimentación. No obstante, los puntos de vista de algunos expertos pueden servir en cierta medida como una guía.

Paul W. Klipsch ha llegado a la conclusión de que la salida del parlante intermedio, debe ser 3 dB más elevada que la de *cada uno* de los parlantes laterales; en otros términos, el parlante central desarrollará una salida equivalente a la salida *combinada* de los otros dos. Klipsch ha escrito:

> "Se han hecho varias conjeturas respecto al nivel que debe inyectarse en el parlante central, pero todas ellas resultaron erróneas. Los experimentos han conducido a mejores conceptos habiéndose arribado a una base teórica comprobada.
>
> . . . Mis experimentos concluyeron en un sistema viable, en el que el canal central es una mezcla mitad y mitad de las dos bandas sonoras (de una cinta), y los canales laterales utilizan parlantes esquineros alimentados desde las dos bandas sonoras, con 3 dB de atenuación respecto del parlante central . . . Cuando por fin se logró éxito en el equilibrio, se produjo una sensación asombrosa: el canal central era perfectamente real y no solamente un efecto simulado para llenar un hueco en el espacio. Los sonidos semejaban surgir del centro de un escenario colocado allí; ya no se escuchaban sonidos desde los tres parlantes y se apreciaba un auténtico despliegue a lo largo de una cortina sonora." [9]

Otros han recomendado que el nivel del canal central debe ser *inferior* al de los canales extremos:

> "La ganancia del canal central debe ajustarse de modo que el sonido desde el parlante respectivo sea apenas audible." [10]

Unos más sugieren que el canal central debe estar a 6 dB por debajo de los laterales [11].

Posiblemente, la discrepancia en las opiniones en cuanto al nivel apropiado del canal fantasma con respecto al de los otros dos, pueda

---

[9] PAUL W. KLIPSCH, "Two-Track, Three-Channel Stereo", AUDIOCRAFT, noviembre 1957.

[10] Correspondencia de D. R. von Recklinghausen, ingeniero jefe de investigaciones, H. H. Scott, Inc.

[11] Correspondencia de Leonard Feldman, presidente de Madison Fielding.

explicarse por las variaciones en la ubicación de los parlantes o por la naturaleza del material de programa. Por ejemplo, si se ha aplicado una separación muy amplia entre los micrófonos durante la grabación original, podría ser conveniente compensar la excesiva diferencia entre las señales izquierda y derecha elevando el volumen del canal central. O también, si los parlantes izquierdo y derecho estuvieran tan apartados como para formar un ángulo con el oyente considerablemente mayor de 40°, sería del mismo modo deseable

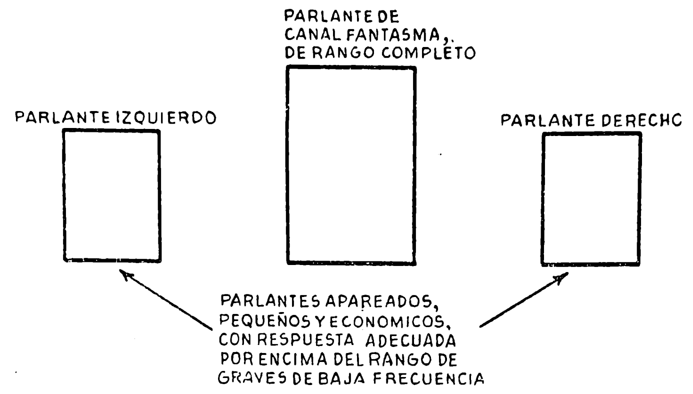


Fig. 917. *Instalación de parlantes estereofónicos de costo reducido que incorpora un canal fantasma*

acentuar el canal central. Cuanto más se reduzca la separación entre los micrófonos o los parlantes, tanto menor deberá ser el nivel del parlante central con relación al de los otros.

En resumen, el estereófilo no debe confiarse a una relación fija entre el parlante central y los laterales, sino que ha de dejar abierto el camino para la experimentación, ya sea adquiriendo un amplificador de control con medios adecuados para el uso de un canal fantasma, o bien introduciendo atenuadores L en sus sistemas de parlantes.

Aunque el empleo del canal fantasma pareciera incrementar el precio de un sistema estereofónico debido a que requiere un tercer parlante y acaso un tercer amplificador de potencia, en realidad, puede ocurrir que el costo no sea mayor y tal vez inferior al de una instalación con dos parlantes, ofreciendo al mismo tiempo una alta calidad de reproducción y resolviendo el problema del espacio para muchos estereófilos en cierne. En la figura 917 se indica cómo se llega a este resultado.

Aquí, el sistema central de parlantes es del tipo económico y como sucede frecuentemente con los sistemas económicos, de gran tamaño. Es perfectamente posible que el oyente utilice como par-

lante central el que hasta ese momento empleara para la reproducción monofónica; en lugar de verse ante la necesidad de conseguir el dinero y el espacio que demanda un sistema de parlantes apareados, podrá emplear para los canales izquierdo y derecho, parlantes apareados pequeños y relativamente baratos. El parlante central proporciona la información total de audio, particularmente los graves de baja frecuencia que son esencialmente no direccionales y muy poco asociados con el efecto estereofónico. Los parlantes laterales, siendo pequeños y económicos, brindan su mejor comportamiento en los

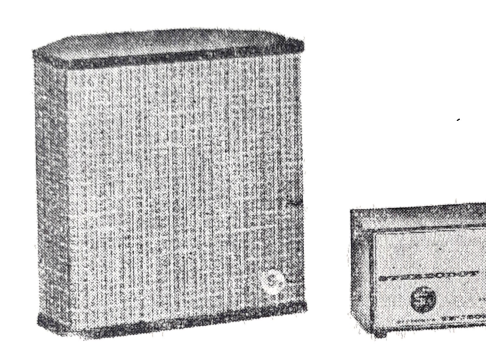
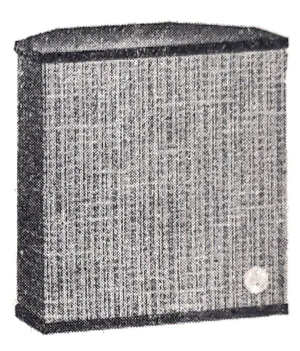



Fig. 918. *Este sistema está diseñado para ser usado con un parlante de rango completo. Los dos pequeños gabinetes contienen parlantes de 20 centímeros que reciben respectivamente las señales izquierda y derecha. La red de cruce alimenta la unidad de rango completo con las señales combinadas.* (Cortesía de Stephens Tru-Sonic, Inc.)

rangos de graves de frecuencia más elevada, medio y agudos, que están más estrechamente relacionados con la sensación estereofónica. El costo de dos sistemas de parlantes pequeños para la izquierda y la derecha puede ser considerablemente menor que el de un duplicado del sistema monofónico existente. O bien, en el caso de iniciarse la instalación sin ningún elemento previo, el precio de un conjunto de parlantes que abarquen el rango total, más el de dos sistemas pequeños que cubran con eficiencia la gama desde alrededor de 200 ó 300 ciclos en adelante, puede ser sensiblemente inferior al de dos sistemas de parlantes de rango completo. La reproducción verdaderamente fiel de los graves es sumamente onerosa y limitándola a un sólo sistema de parlantes puede materializarse un considerable ahorro.

La figura 918 muestra una versión comercial de la figura 917 conocida como Stereodot y que está prevista para ser utilizada con cualquier parlante de rango completo. Consiste de dos parlantes de 20 cm., contenido cada uno de ellos en un gabinete de pequeñas dimensiones, junto con una red de cruce conectada a los amplifica-

dores de potencia izquierdo y derecho. La red de cruce alimenta las señales izquierda y derecha combinadas al parlante central, y las frecuencias de los canales izquierdo y derecho que estén por encima de los 400 ciclos a los respectivos parlantes.

Parlantes estereofónicos de rango limitado.

Las frecuencias muy bajas no necesitan ser reproducidas en ambos sistemas de parlantes debido a las características no direccionales

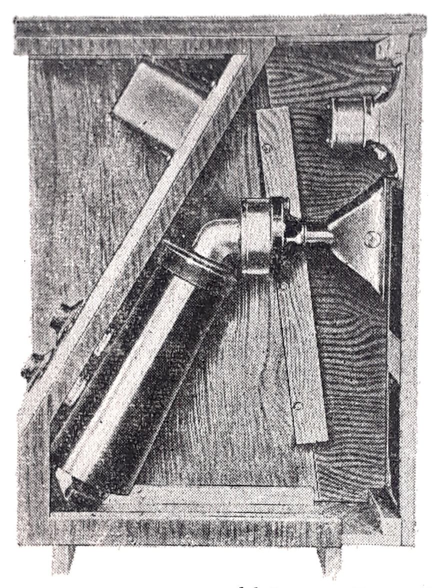


Fig. 919. *Vista interna del Stereon. Esta unidad cargada con bocina, está diseñada para ser usada con un sistema de parlantes de rango completo.* (Cortesía de Electro-Voice, Inc.)

de las notas bajas. En correspondencia con este criterio, hay sistemas de dos parlantes que emplean uno de rango limitado para uno de los canales.

En la figura 919 se muestra uno de ellos, denominado Stereon, y en la figura 920 aparece el Stereon en uso con un sistema de parlantes de rango total. Consiste de un parlante de rango limitado junto con una red de cruce que se adapta a los dos amplificadores de potencia; por intermedio de la red de cruce, el parlante del Stereon recibe solamente las frecuencias superiores a 300 ciclos que pertenezcan a uno de los canales, digamos el izquierdo. El parlante de rango completo recibe no solamente todas las frecuencias del canal derecho, sino también las bajas frecuencias del izquierdo.

El sistema Stereodot, ya descrito, también encuadra en la clasificación de sistemas de parlantes de rango limitado. En todos los casos se usa una red de cruce especial que restringe el rango de frecuencias aceptado por uno de los parlantes y al mismo tiempo trans-

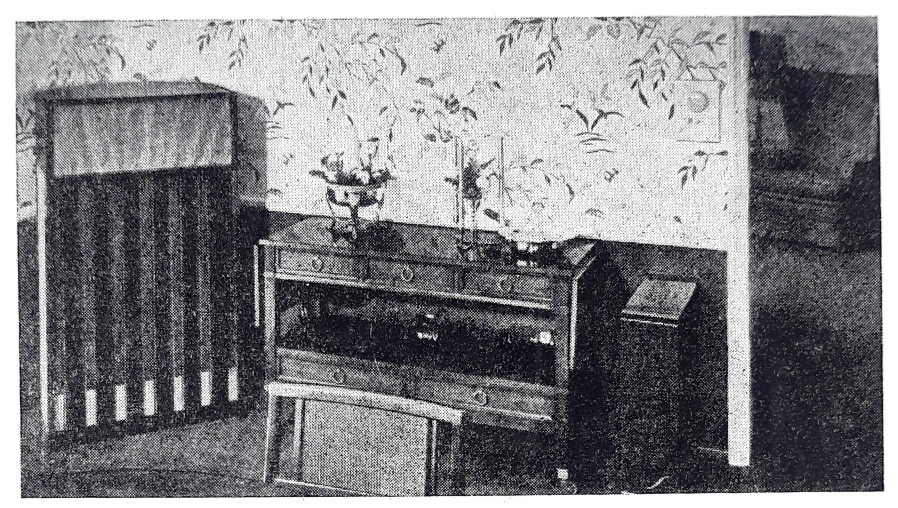


Fig. 920. *El Stereon en uso. La pequeña unidad compacta es el sistema de rango limitado que produce el efecto estereofónico.* (Cortesía de Electro-Voice, Inc.)

fiere aquellas frecuencias que han sido eliminadas —las notas bajas— al otro sistema de parlantes que es capaz de reproducir los bajos de ambos canales.

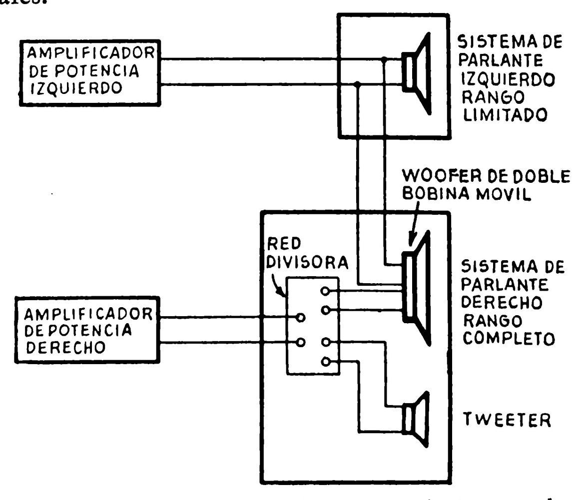


Fig. 921. *Un sistema de parlantes estereofónicos que hace uso de un woofer con doble bobina móvil.*

Otro sistema (fig. 921), similar en el principio pero diferente en el método, hace uso de un sistema de parlantes de rango limitado (por ejemplo el izquierdo), más un segundo de rango completo (el derecho). En este caso, el sistema de rango completo emplea un woofer especial con dos bobinas móviles independientes que accionan un mismo cono. Como se aprecia en la figura 921, una de las bobinas móviles recibe la señal del canal derecho y la otra, la señal

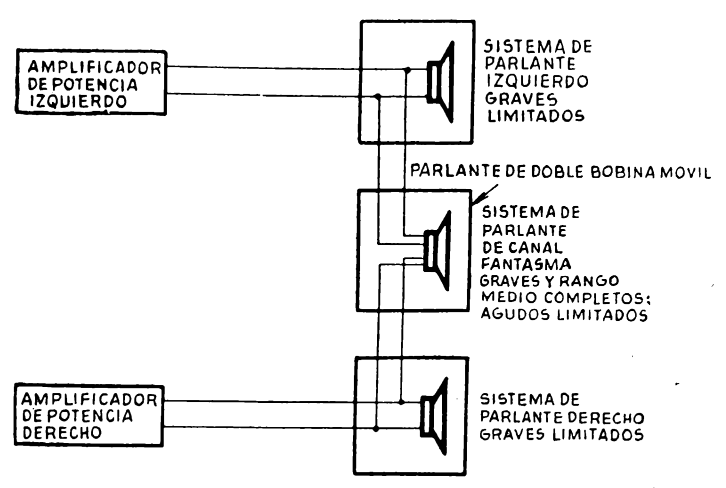


Fig. 922. *En este sistema se usa un woofer de doble bobina móvil para el canal fantasma.*

del canal izquierdo; en esta forma, el woofer reproduce los bajos de ambos canales. El uso de bobinas separadas en un mismo parlante separa los dos canales. Como quiera que el woofer tiene una caída abrupta en la respuesta por encima de algunos cientos de ciclos, las frecuencias medias y altas del canal izquierdo no son reproducidas en una magnitud significativa por el parlante derecho.

El parlante de doble bobina móvil también puede usarse en la configuración de canal fantasma, como en la figura 922. Se fabrican parlantes con la respuesta extendida hasta el rango de agudos, de modo que el parlante central se aproxima en mucho a suministrar una verdadera reproducción de canal fantasma; en este caso, las condiciones son muy similares a las del Stereodot de la figura 918. Es decir, el parlante central aporta el rango total, con una excelente reproducción de los graves, mientras que los parlantes extremos manejan adecuadamente las notas medias y altas pero decaen en la región de los graves, como consecuencia natural de emplear parlantes pequeños en simples gabinetes convencionales de tamaño reducido.

capítulo

10

instalación de un sistema estereofónico

HEMOS tratado hasta ahora sobre las técnicas de grabación, radiodifusión y microfónicas empleadas para conducir la información estereofónica y también, sobre los elementos fundamentales de una cadena de audio, como la que se muestra en la figura 1001 — las fuentes de programa (discos, cintas, broadcasting de radio), las fuentes de señal (cápsula fonoeléctrica, cabeza registradora de cinta o amplificador de cinta, sintonizador, micrófono), los amplificadores

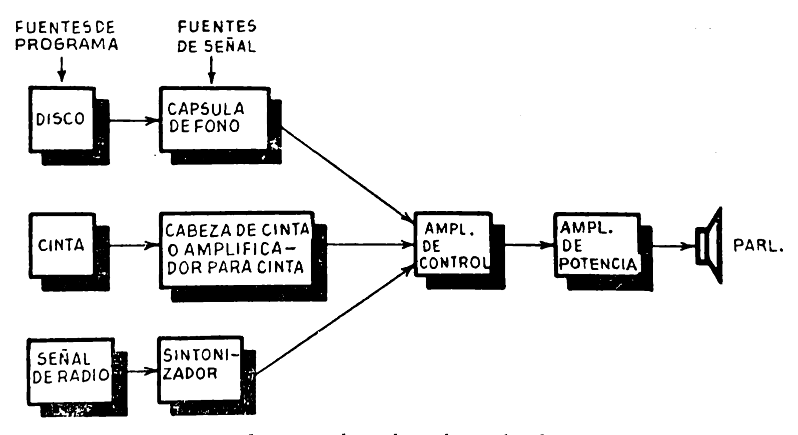


Fig. 1001. *Elementos básicos de una cadena de audio utilizados en un sistema monofónico.*

de control y de potencia y los parlantes. Toca ahora considerar los diferentes problemas que supone reunir estos elementos para producir un sistema estereofónico que se comporte satisfactoriamente.

Componentes integrales versus componentes separados.

Refiriéndonos por el momento a un sistema monofónico, los componentes electrónicos pueden adquirirse separadamente o en

variadas combinaciones. Así, es posible comprar por separado un sintonizador, un amplificador de control y un amplificador de potencia, o bien una combinación de sintonizador y amplificador de control, o un amplificador de potencia combinado con uno de control, o también un sintonizador, un amplificador de control y uno de potencia todo en un mismo chasis.

En estereofonía, las combinaciones posibles son aún más numerosas. La figura 1002 ilustra la porción amplificadora de un siste-

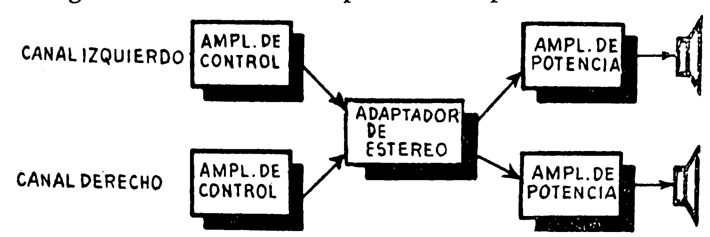


Fig. 1002. *Un sistema de estéreo compuesto enteramente por componentes separados.*

ma estereofónico formada en su totalidad de componentes independientes; hay en ella dos amplificadores de control, un adaptador para coordinarlos y dos amplificadores de potencia. El adaptador se muestra a continuación de los amplificadores de control, pero si éstos contienen una llave monitor-cinta, como se explicó en el Capítulo 8, puede insertarse aquél entre la llave selectora y el control de volumen con la consiguiente reducción de la distorsión, debido a que debe tratar con señales de bajo nivel.

La figura 1003 representa un paso hacia la integración de los componentes; hay en ella un amplificador de control estereofónico

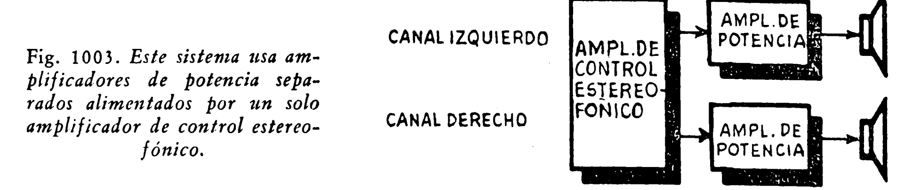


Fig. 1003. *Este sistema usa amplificadores de potencia separados alimentados por un solo amplificador de control estereofónico.*

que elimina la necesidad de un adaptador, junto con dos amplificadores de potencia. La figura 1004 ilustra un preamplificador estereofónico integral. Una nueva aproximación hacia los componentes integrales, la proporciona una combinación de amplificador de control y amplificador de potencia, ambos estereofónicos (figura 1005).

Un camino diferente hacia la integración aparece en la figura 1006, que muestra dos amplificadores monofónicos integrales (com-

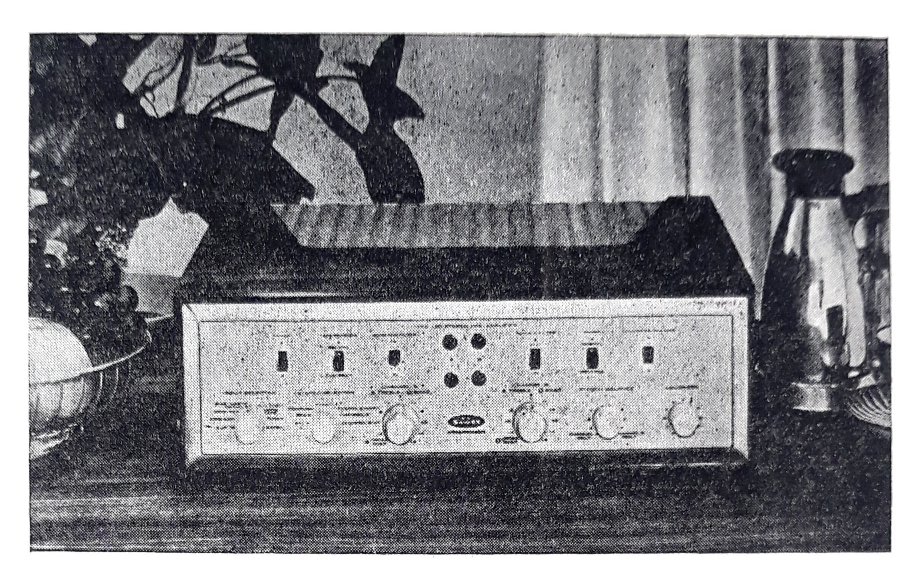


Fig. 1004. *Un amplificador de control estereofónico que contiene medios para manejar todos los tipos de material de programa.* (Cortesía de H. H. Scott, Inc.)

binaciones de amplificador de control y amplificador de potencia) ligados por un adaptador de estéreo. Esto es factible si los amplificadores incluyen una llave monitor-cinta que permita insertar el adaptador en un punto previo a la sección amplificadora de potencia. Si no fuera así, será necesario efectuar algunos cambios (por lo general bastante simples) en los amplificadores integrales a efectos de conectar el adaptador entre la llave selectora y el control de volumen.

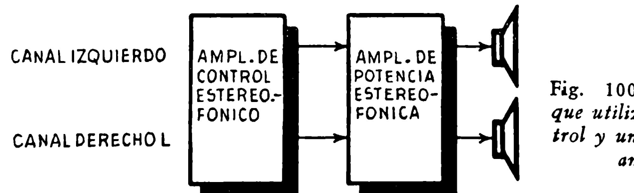


Fig. 1005. *Sistema estereofónico que utiliza un amplificador de control y un amplificador de potencia, ambos estereofónicos.*

Por último, la figura 1007 esquematiza un amplificador estereofónico completo, con todas las secciones de control y de potencia incorporadas en un mismo chasis.

Cada modalidad en la instalación estereofónica tiene sus méritos y desventajas; en la estimación de cada una de ellas inciden los factores individuales en juego — la importancia relativa del aspecto económico, la cantidad de espacio disponible para el montaje de los componentes, el equipo que se posea con anterioridad, las características especiales requeridas para satisfacer las necesidades y preferen-

cias individuales, el refinamiento auditivo del oyente y sus exigencias respecto al comportamiento. Por lo tanto, no intentaremos efectuar una evaluación sobre cuál de los métodos es el mejor.

Juzgando en base a la experiencia con los equipos monofónicos, la calidad más alta suele encontrarse en los componentes separados.

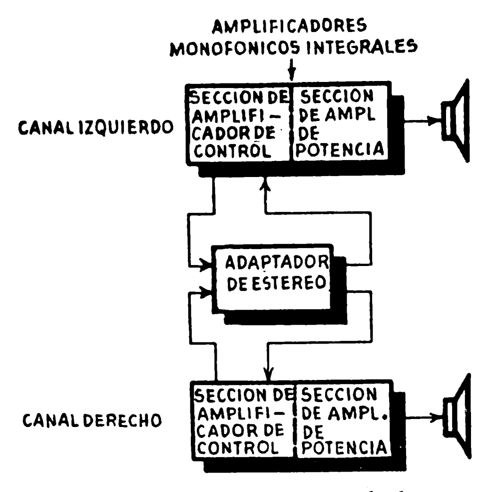


Fig. 1006. *Este sistema se compone de dos amplificadores monofónicos integrales conectados a un adaptador de estéreo.*

Esto no significa que un amplificador de control presentado como una unidad individual deba ser necesariamente mejor que la sección equivalente de una combinación amplificador de control-amplificador de potencia, pero esta superioridad es característica de los

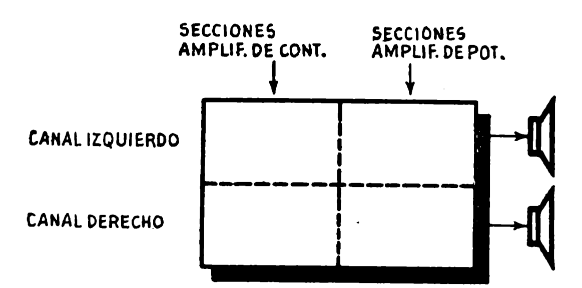


Fig. 1007. *Un amplificador estereofónico completamente integrado.*

componentes separados. Pareciera que un fabricante, al concentrar sus esfuerzos sobre un componente por vez, diera origen a un producto mejor, si bien más costoso. Cuando se reúnen dos o más componentes en un mismo chasis, suelen aceptarse algunas situa-

ciones de compromiso en mérito al interés de conservar limitado el tamaño o el costo, o se hacen sacrificios en lo que respecta a características y flexibilidad.

Por ejemplo, un amplificador de control de primera clase puede ser tan grande aunque no tan pesado como algunos amplificadores integrales; el gran tamaño del primero se debe a factores tales como provisión de una ventilación generosa, uso de componentes sobredimensionados para asegurar una larga vida (capacitores al aceite, un transformador de poder relativamente grande que funcione a baja temperatura, resistores de alta disipación, capacitores para alta tensión), amplia separación entre los elementos del circuito para evitar la captación de zumbido o las realimentaciones (que pueden dar lugar a oscilaciones) e incorporación de características especiales. De igual modo, un amplificador de potencia de alta calidad puede estar construido sobre los mismos lineamientos de robustez y holgura. La combinación de dos unidades de este tipo resultaría en un amplificador integral de tales proporciones que sería necesaria una solución de compromiso para llevar el tamaño de la unidad a dimensiones aceptables por el cliente.

Esto no supone la probabilidad de que una unidad integral tenga un comportamiento inferior a las normas de alta fidelidad; tales normas indican límites de desempeño en lugar de señalar un valor fijo. La tendencia es que los componentes separados se acercan más al límite superior que las unidades integrales; para muchas personas, la diferencia entre los dos será inapreciable o carente de importancia.

El amplificador estereofónico integral tiene las siguientes ventajas específicas: es más económico, ocupa mucho menos espacio, incorpora componentes apareados, reduce el número de cables de conexión entre los elementos de sistema estereofónico, es más sencillo de operar debido a que todos los controles están en un mismo panel y es menos gravoso en razón de que consume menos energía total que los componentes equivalentes por separado. En la figura 1008 se muestran amplificadores estereofónicos integrales típicos; estos amplificadores, cuando se combinan con un sistema de parlantes adecuado y fuentes de programa apropiadas, constituyen sistemas de estéreo completos.

Utilizando componentes separados, puede lograrse mayor flexibilidad por medio de un gran número de características funcionales de interés; otra ventaja es que si se presenta una falla en uno de los componentes no es necesario mandar a reparar el sistema completo de modo que parte del mismo puede seguir prestando servicios monofónicos. Además, cuando tiene lugar un desperfecto, pueden sus-

tituirse los componentes para determinar donde se localiza la falla; por ejemplo, si un canal deja de funcionar, el propietario puede sustituir sus elementos por los del otro canal, de a uno por vez, a

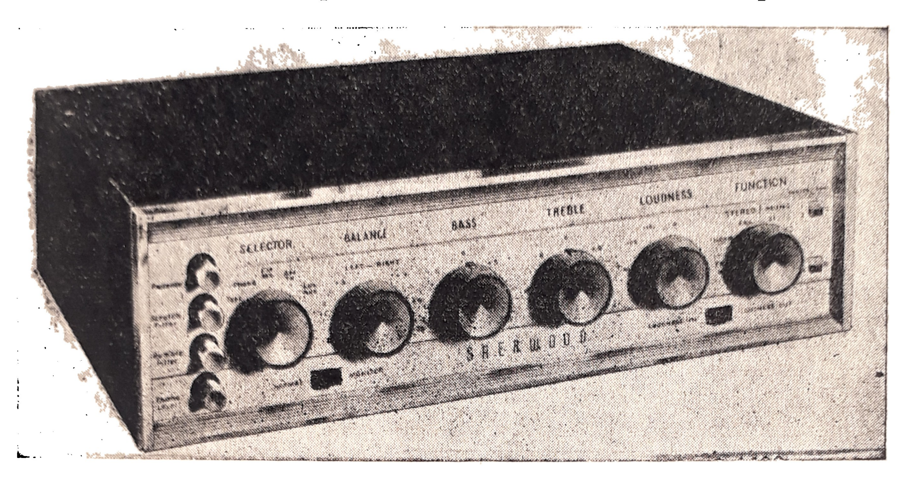


Fig. 1008. *Este amplificador estereofónico integral posee una construcción achatada.* (Cortesía de Sherwood Electronic Labs, Inc.)

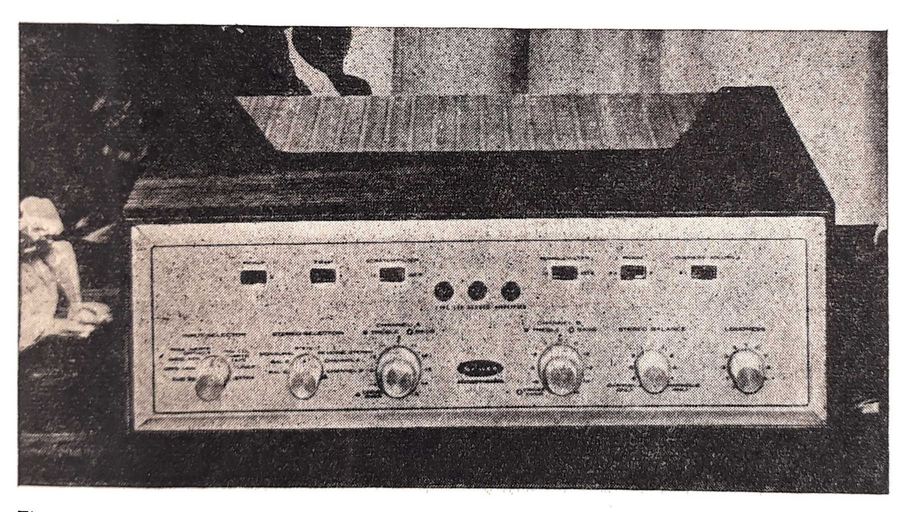


Fig. 1008 (cont.). *Un amplificador estereofónico integral que provee 20 watts de salida en cada canal.* (Cortesía de H. H. Scott, Inc.)

fin de establecer si el defecto radica en el amplificador de control, en el amplificador de potencia, en la conexión al parlante o en algún otro lugar.

El uso de componentes separados capacita al propietario de un sistema monofónico, especialmente si se trata de un equipo costoso

de alta calidad, a efectuar la conversión al estéreo aprovechando los elementos que ya posee con el consiguiente ahorro de dinero.

Finalmente, el uso de amplificadores de potencia separados de los amplificadores de control, permite con facilidad el balanceo de un canal con respecto al otro para compensar las diferencias en la eficiencia de los dos parlantes estereofónicos; donde se emplean amplificadores de potencia independientes, éstos incorporan ordinariamente controles de nivel que permiten tales ajustes.

Parlantes integrales.

La distinción entre componentes separados e integrales se aplica tanto a la sección amplificadora como a los parlantes y otros elementos del sistema estereofónico. Varios fabricantes han desarrollado sistemas de parlantes estereofónicos integrales; es decir, dos sistemas en un sólo gabinete. En mérito a la claridad, nos referimos a éstos como sistemas duales de parlantes por cuanto el término sistema integral de parlantes tiene otro significado, como veremos en seguida.

Para incorporar dos sistemas de parlantes en un gabinete sin detrimento del efecto estereofónico se han empleado varios y en su mayoría ingeniosos principios. En casi todos los casos, los resultados son plausibles pero no obstante, sigue siendo cierto que las satisfacciones mayores se derivan con más posibilidades de los sistemas separados, que permiten al oyente con inclinaciones experimentales, ensayar diferentes distancias entre los parlantes, diversas ubicaciones en la sala y distintos grados de orientación angular con respecto al mismo.

Por otra parte, la medida en que todo este esfuerzo experimental valga la pena depende en mucho de las opiniones individuales. Para muchos, el aumento de satisfacción obtenido a través de una ubicación determinada experimentalmente en comparación con los resultados de un sistema dual de parlantes, puede ser insignificante; para otros el esfuerzo y el gasto adicional podrían ser compensatorios. Las personas a quienes entusiasman más los efectos direccionales pueden ganar algo a través del mayor distanciamiento que permiten los parlantes individuales. Otros oyentes, en cambio, podrían encontrar molesto tal distanciamiento — acaso estimaran que la fusión lograda por medio de la relativamente escasa separación de un sistema dual de parlantes, resulta más placentera.

El término sistema integral de parlantes se usa también en otro sentido para denotar que el parlante y el gabinete se hacen y se venden como una unidad. El concepto de integración puede ir aún más lejos: la figura 1009 ilustra un sistema estereofónico completamente

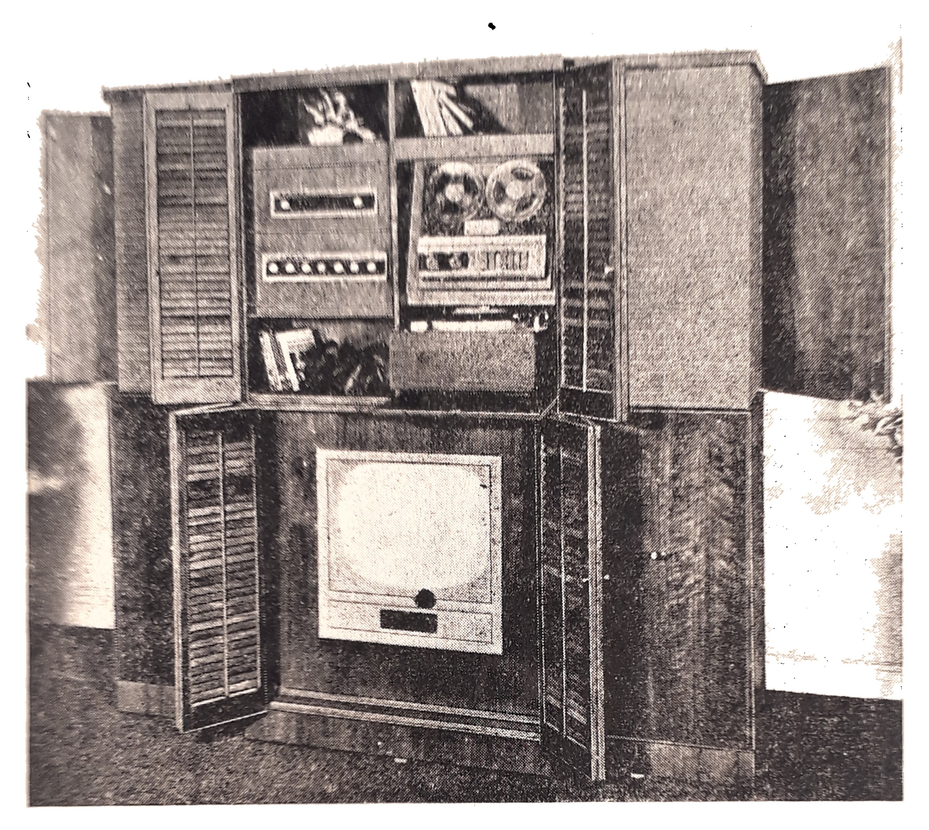


Fig. 1009. *En esta instalación la integración se ha llevado a tal punto, que el mueble está diseñado para el equipo utilizado.* (Cortesía de Bell Sound Systems Inc.)

integrado por cuanto el mueble y los componentes electrónicos fueron diseñados para complementarse unos con otros.

Por lo general, las posibilidades de obtener un sistema de parlantes de alta calidad, que satisfaga los requisitos de uniformidad y baja distorsión —más importantes aún para el estéreo que para la reproducción monofónica— son mayores cuando el gabinete y el parlante se diseñan el uno para el otro. Si se adquiere un parlante suelto y luego se instala en un gabinete procedente de otro fabricante, o en uno encargado especialmente o de construcción casera, los resultados pueden ser justamente opuestos a los que se esperaban.

La perfecta adaptación entre un parlante y su gabinete encierra mucho de arte y de ciencia y son relativamente escasas las posibilidades de que una persona sin recursos y equipo técnico, logre resultados satisfactorios. Esto es tanto más exacto, cuando se busca

conseguir un comportamiento de alta calidad en sistemas de parlantes que ocupen un espacio reducido; las mayores dificultades están involucradas en la respuesta de graves, pero es factible también que se presenten efectos desagradables en cualquier parte del rango de audio.

La instalación puede fallar en muchos aspectos cuando el interesado adquiere el parlante separado del gabinete: puede ocurrir que las resonancias del woofer y el gabinete no se complementen entre sí en la forma requerida para lograr una respuesta de bajas frecuencias suave y extendida. Si se intenta construir un gabinete del tipo bocina puede que no sea suficientemente hermético para ofrecer un funcionamiento apropiado. El acolchamiento incorrecto puede determinar insuficiente absorción en las frecuencias del rango medio, dando lugar a una respuesta desigual debido a las reflexiones en el interior del gabinete con lo cual algunas frecuencias serán reforzadas y otras, parcialmente canceladas. Las vibraciones o retumbos del parlante pueden resultar apreciables sólo cuando éste se monta en el gabinete, o tal vez el mismo gabinete puede retumbar debido a imperfecciones en su construcción. Si se atornilla firmemente un parlante sobre un panel alabeado, pueden producirse torceduras en aquel que serán motivo de distorsiones en el sonido. Las redes divisoras, especialmente si están construidas por el aficionado, pueden apartarse en exceso de los valores correctos produciendo respuestas de frecuencias desbalanceadas. En los casos en que se usen parlantes diferentes para las distintas partes del rango de audio, la relación de fase entre los mismos puede ser incorrecta, estableciendo un "hueco" en la respuesta a la altura de la región de cruce (en aquellas frecuencias para las cuales se supone que la salida de ambos parlantes debe ser igual). La clase de tweeter elegido o su ángulo de orientación, pueden causar excesiva concentración de las altas frecuencias en un sólo haz, junto con una respuesta inadecuada de las mismas si el oyente está ubicado ligeramente fuera de la línea correspondiente al eje del tweeter; el efecto direccional del estéro puede sufrir en alto grado por esta razón. Es posible que el woofer resulte insuficientemente amortiguado para un gabinete dado, provocando la producción de graves "sucios". Si se monta el tweeter en el mismo recinto que el woofer puede resultar afectado adversamente por la radiación desde la parte trasera de este último. Es factible que los niveles del woofer y el tweeter estén balanceados incorrectamente uno con respecto al otro. Y así sucesivamente.

Sintonizadores integrales.

El diseño y la construcción de un sintonizador de MF son bastante críticos si se ha de lograr una unidad de alta calidad, con buena

sensibilidad, libre de oscilaciones y desplazamientos, baja distorsión, selectividad aguda y ancha respuesta de frecuencias. En consecuencia, las mejores unidades suelen ser aquellas en las que el fabricante se ha dedicado con exclusividad al diseño del sintonizador de MF, con exclusión de otros componentes posibles que pudieran formar combinación con el mismo, tales como un amplificador de control o un sintonizador de MA.

Pueden encontrarse una cantidad de combinaciones completamente satisfactorias, tales como un sintonizador de MF junto con otro de MA en un mismo chasis; para aquellas que responden al rango normal de audición de las estaciones de MF, las diferencias entre el promedio y los mejores sintonizadores de MF de alta fidelidad tienden a ser pequeñas o imperceptibles, si bien pueden ser medidas. Las ventajas con respecto a la economía, compacidad y posesión de todos los controles en un sólo panel, hacen en muchos casos más deseable la adquisición de un sintonizador estereofónico de MF-MA que la de sintonizadores separados, aún cuando estos últimos tengan cierta ventaja en cuanto a la calidad de su comportamiento.

Reproductores integrales de cintas.

Para el estereófilo que planee incluir como fuente de programa las cintas estereofónicas pregrabadas de origen comercial, encontrará un apreciable ahorro en el hecho de que puede adquirir un transportador de cinta sin el agregado del equipo electrónico para el mismo (amplificador para cinta). La función del transportador consiste en mover la cinta desde un carretel alimentador, pasarla por las cabezas y conducirla hasta un carretel receptor. Las señales de la cabeza para cinta estereofónica pueden inyectarse directamente en el amplificador de control para estéreo (o amplificador integral); es una práctica universal incorporar en estas unidades la ecualización y amplificación adecuadas a tales señales, para lo cual, el amplificador de control tiene jacks de entrada marcados "cabeza de cinta" .

Una alternativa sensiblemente más onerosa sería adquirir los componentes electrónicos para cintas, bien separadamente o bien formando parte integral del transportador. Decimos que los componentes electrónicos son integrales en el sentido de que han sido diseñados específicamente para el transportador en cuestión; físicamente, los dos pueden estar separados o no.

Al decidir si se ha de procurar el transportador solamente o el reproductor de cinta integral, deben considerarse los siguientes factores:

1. ¿Suministra el amplificador de control (o el amplificador integral) la ecualización exacta para cintas? La mayoría de las cintas

comerciales grabadas a 19 cm/seg requieren la ecualización NARTB y se tiende a aplicar la misma ecualización a las cintas de 9,5 cm/seg.

2. La respuesta de altas frecuencias difiere en cabezas distintas, dependiendo principalmente del ancho del entrehierro — cuando más angosto es éste, tanto mejor es la respuesta de agudos. En un reproductor integral, los amplificadores toman generalmente en cuenta este factor y la ecualización está diseñada para compensar las cabezas utilizadas en particular. El amplificador de control con medios para conectar una cabeza de cinta puede suponer bien una respuesta ideal para la misma, bien un cierto apartamiento del ideal. Aunque el error en la ecualización debido a las diferentes pérdidas por ancho del entrehierro encontradas en las distintas cabezas puede ser relativamente pequeño a 19 cm/seg, llegaría a ser apreciable a 9,5 cm/seg donde la preservación de la respuesta de altas frecuencias se constituye en un problema más serio.

3. La longitud de cable entre la cabeza reproductora y el amplificador de control debe ser lo más reducida posible para disminuir las pérdidas en altas frecuencias; además el cable debe conducirse cuidadosamente para evitar la captación de zumbido. La señal producida por la cabeza reproductora es extremadamente pequeña y debe sufrir una enorme amplificación, particularmente en las frecuencias más bajas por lo cual, una ligera captación de zumbido por el cable llegaría a ser audible. En un amplificador de cinta integral, los problemas de longitud y conducción del cable están generalmente resueltos por el fabricante.

4. Las dos secciones de una cabeza para cinta estereofónica pueden entregar una salida algo diferente con una misma cantidad de señal en la cinta. Si el amplificador de control contiene ajustes de nivel en la entrada para cabeza de cinta, es posible compensar estas diferencias; si no existen tales controles o si los ajustes de nivel están previstos para ser usados en combinación con la entrada para cápsula fonomagnética podrán compensarse las diferencias entre las secciones de la cabeza por medio de los controles de ganancia incluídos en el reproductor integral de cinta.

5. Aun cuando el estereófilo planeara inicialmente reproducir sólo las cintas pregrabadas, podría ser muy deseable contar eventualmente con medios para la grabación. Si bien los amplificadores de control incluyen los componentes electrónicos necesarios para la reproducción de cintas, no contienen los circuitos requeridos para la grabación debido a que estos últimos son, en buena medida, más complejos. En la grabación, es preciso contar con un oscilador que suministre una corriente de polarización de alta frecuencia para la cabeza grabadora (a fin de reducir la distorsión y aumentar la can-

tidad de señal grabada en la cinta) y también para activar la cabeza de borrado. Se hace necesario un indicador del nivel de grabación (instrumento, válvula de ojo mágico o lámpara neón) a fin de señalar si el nivel empleado es correcto, demasiado alto (provocando excesiva distorsión), o demasiado bajo (empobreciendo la relación señal-ruido). Por consiguiente, no es posible esperar que un amplificador estereofónico complejo por naturaleza incluya también los medios electrónicos para la grabación de cintas.

En consecuencia, el interesado debe decidir de antemano si ha de incluir eventualmente la grabación; en caso afirmativo, deberá adquirir unidades para tal propósito junto con el transportador de cinta. Este gasto adicional se justifica al recordar que existe la posibilidad de efectuar grabaciones estereofónicas vivas con una par de micrófonos; también pueden hacerse cintas de estéreo a partir de una emisión radiofónica y un aspecto interesante lo constituye la grabación en cintas de discos estereofónicos. Una cinta puede ser reproducida miles de veces sin que sufra daños tales como raspaduras y otros perjuicios más graves que a menudo suceden con los discos y sin que se observen cambios significativos con respecto a la respuesta de frecuencias, ruido y distorsión. El disco estereofónico suele ser más delicado que su contraparte monofónica; la estructura de su surco es más compleja y puede ser fácilmente alterada por la acción del estilo, especialmente si la presión de éste no se mantiene en el mínimo compatible con un buen comportamiento. Se ha hecho notar que el cruce de modulación y la distorsión tienden a aumentar al tiempo que disminuye la respuesta de altas frecuencias después de un cierto número de ejecuciones del disco estereofónico. De acuerdo con lo expresado, tiene sentido reproducir el disco estereofónico al tiempo que se graba una cinta y luego hacer a un lado el primero para pasar la cinta tan frecuentemente como se desee. En el caso de que ocurriera un accidente a la cinta, puede ponerse el disco una vez más en servicio para producir una nueva (la cinta vieja puede borrarse).

Instalación.

Si una instalación de estéreo ha de funcionar correctamente en el aspecto eléctrico debe estar adecuadamente distribuída en el aspecto físico, con una apropiada ventilación, disposición de cables limpia y cuidadosa y accesibilidad para los ajustes, verificación y servicio. Debido a la complejidad y cantidad de componentes en un sistema estereofónico, la instalación física debe ser más esmerada aún que la de un sistema monofónico; como es natural, también resulta agradable que la instalación tenga una apariencia atractiva.

El funcionamiento de cuatro válvulas de salida de potencia (a

menos que se utilice el amplificador de potencia simplex descrito en el Capítulo 8), capaces de desarrollar de 20 a 120 watts de energía, genera una considerable cantidad de calor; a éste se agrega el calor producido por otras válvulas amplificadoras, particularmente las rectificadoras, y otros componentes electrónicos, tales como amplificadores de control, sintonizadores y amplificadores para cinta. Por lo tanto, la instalación debe proveer pasajes de aire al menos por encima y por detrás de los componentes, para facilitar la disipación del calor; si es factible, conviene dejar conductos de ventilación en los costados, frente y parte inferior. La superficie más cercana por encima de los componentes electrónicos debe distanciar por lo menos 15 cm de los mismos y si esta superficie es susceptible de carbonizarse, resulta aconsejable colocar un revestimiento de amianto cuando sólo se disponga del espacio mínimo.

Cuando se encienden las unidades por primera vez, luego de completarse la instalación, deben observarse durante una hora de funcionamiento para establecer si se desarrolla excesivo calor. El peligro no reside particularmente en la posibilidad de incendios sino en el perjuicio de los componentes; el sobrecalentamiento acorta notablemente la vida de las válvulas y provoca daños en otras partes, tales como resistores y capacitores, determinando un funcionamiento defectuoso —distorsión, ruido, respuesta de frecuencia incorrecta, etc.

Considerando que en el estéreo todo está duplicado —se trate de un equipo integral o no— y teniendo en cuenta el número de componentes que forman un sistema de audio, hay muchas posibilidades de que el cableado tome el aspecto de una maraña si no se ejerce cuidado para disponer ordenadamente los conductores de interconexión. La prolijidad es aconsejable no solamente para lograr un mejor aspecto sino para prevenir posibles inconvenientes en el funcionamiento y para facilitar la comprobación y servicio de los componentes.

Los cables que conducen señales de bajo nivel —desde una cápsula de fono o una cabeza de cinta— deben mantenerse alejados de los que transportan señales de alto nivel, tales como los que se tienden entre los amplificadores de control y los de potencia. Si quedan demasiado próximos un cable de bajo nivel y otro de alto nivel pertenecientes a canales diferentes, es posible el cruce de la modulación; esto es, la señal del segundo cable puede ser captada por el primero. Del mismo modo, si los cables de alto y bajo nivel correspondientes a un mismo canal están muy cercanos, hay probabilidad de realimentación y por consecuencia, de oscilación.

Para evitar la captación de zumbido, los cables deben conducirse tan lejos como sea posible de los transformadores y motores (plato giratorio y transportador de cinta). Este precepto, que se aplica espe-

cialmente a los cables de bajo nivel, rige también para los de alto nivel; más de una vez, se ha localizado en el recorrido de los cables de alto nivel un problema esquivo de zumbido.

Para facilitar la disposición de los cables en la forma correcta, pueden usarse ganchos, abrazaderas u otros dispositivos similares adheridos a los estantes o paredes del gabinete; si se emplean grampas, debe

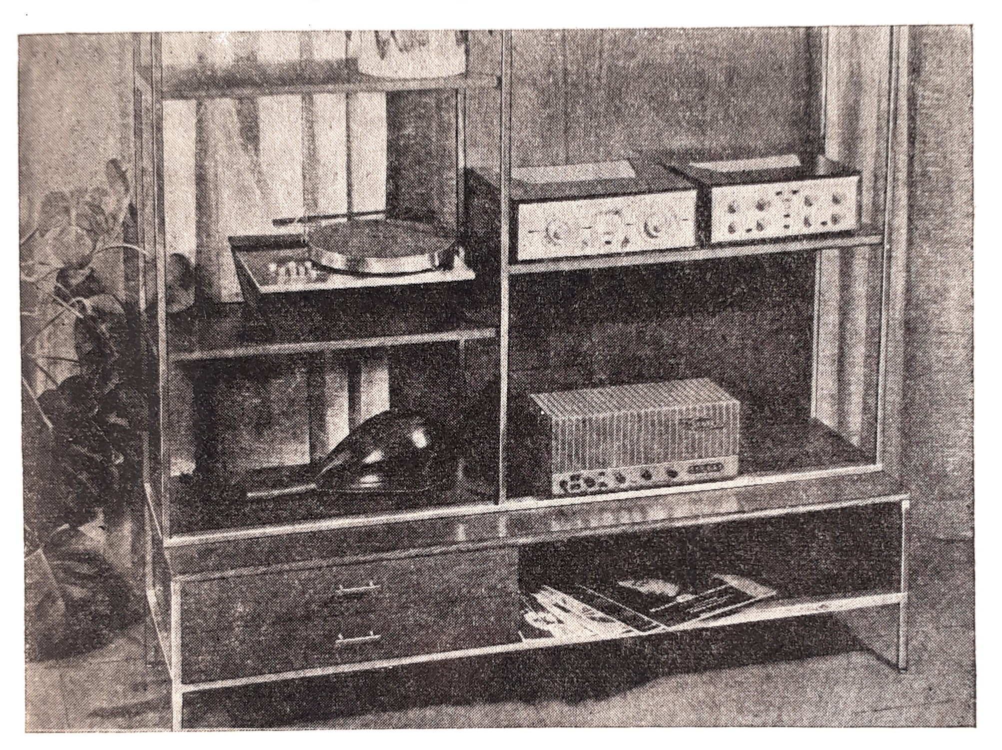


Fig. 1010. *Los problemas del calor y el conexionado pueden ser resueltos utilizando una instalación abierta del tipo que aquí se muestra.* (Cortesía de H. H. Scott, Inc.)

cuidarse que no lastimen los cables. Es una buena práctica identificar cada conductor con una etiqueta fijada al mismo mediante cinta adhesiva u otro medio similar.

Al proyectar su instalación estereofónica, el propietario debe poner especial cuidado en facilitar la accesibilidad y el desmontaje de todos los componentes. No puede considerarse una buena idea esconder un amplificador de potencia en un lugar inalcanzable; la comodidad del acceso es conveniente para el ajuste de los controles dispuestos en el panel trasero, para el servicio y para la revisión periódica que el equipo debe recibir con vistas a su mantenimiento preventivo. Una forma de resolver el problema del calor, la accesibi-

lidad de los componentes y la longitud de los cables, consiste en formar una instalación abierta del tipo mostrado en la figura 1010; las tendencias modernas en el diseño del aspecto exterior que presentan los componentes de audio, hacen posible este tipo de instalación.

Procedimiento de balanceo.

Para obtener los mejores resultados en estereofonía, se requiere un adecuado balanceo en los niveles de los parlantes —dentro de 2 dB o menos, de acuerdo con la opinión experta. (El balanceo no supone necesariamente que los parlantes izquierdo y derecho produzcan iguales niveles de sonido, sino, más bien, que la relación entre los niveles en la izquierda y en la derecha sean iguales en la reproducción que en la ejecución original). En el Capítulo 8, al estudiar los amplificadores estereofónicos, se trató sobre el control de balanceo como un medio para igualar los niveles de sonido; también se estudiaron en esa ocasión otros recursos incluídos en el amplificador que podían resultar útiles para tal propósito, tales como los ajustes de nivel y ciertas disposiciones conmutadoras para estereofonía. Queda pues, presentar un procedimiento específico de balanceo.

Para proporcionar un punto de referencia a los efectos del balanceo es aconsejable: 1) pasar revista y trabajar sobre los diferentes factores que pueden producir desbalanceo en un sistema de estéreo; 2) alistar el amplificador y los otros medios que puedan emplearse para lograr el balanceo; 3) establecer algunos principios guiadores.

Los orígenes del desbalanceo pueden localizarse en:

1. Las fuentes de programa —disco, cinta, broadcasting de radio. En estos medios estereofónicos pueden existir varios dB de diferencia entre los dos canales.

2. Las fuentes de señal —cápsula fonoeléctrica, cabeza de cinta o amplificador para cinta, sintonizador. Por ejemplo, una sección de una cápsula estereofónica puede ofrecer una salida 6 dB mayor que la otra, aunque las señales grabadas en el disco sean iguales para cada canal. Puede decirse más o menos lo mismo para las cabezas de cintas estereofónicas. Dos sintonizadores empleados para recibir un programa difundido por estéreo, diferirán probablemente en sensibilidad.

3. Los amplificadores de control. Aunque se hayan utilizado componentes apareados, tales como dos amplificadores de control en un mismo chasis, es siempre factible que se presenten pequeños desbalanceos entre los dos canales debido a tolerancias de los componentes.

4. Los amplificadores de potencia. El comentario del punto 3 es aplicable en este caso.

5. Los parlantes. Parlantes de idéntica calidad y modelo suelen

variar en eficiencia por varios dB; no obstante, algunos fabricantes producen parlantes rigurosamente adaptados a través de precisos sistemas de manufactura y control de calidad.

6. El control maestro de ganancia. Su error de arrastre —variación en el nivel entre canales a medida que se gira el control— va desde algunos pocos dB en ciertos amplificadores, hasta tanto como 10 dB en otros.

Los medios para corregir el desbalanceo son:

1. El control de balanceo. No todos los amplificadores contienen este dispositivo; otros, en cambio, incluyen controles de ganancia individuales para cada canal, montado generalmente en forma concéntrica y provistos de dispositivos de trabado a fin de que ambos puedan accionarse como uno solo cuando se desee (sirviendo de este modo como control maestro de ganancia). Cuando se haga referencia al control de balanceo, lo dicho se aplica también a aquellas situaciones en que se emplea controles separados para efectuar tal ajuste.

2. Los ajustes de nivel en el amplificador de control y en el de potencia. Si se trata de un amplificador integral, los únicos ajustes disponibles son, como es natural, los de la sección amplificadora de control.

3. El control de ganancia en los sintonizadores estereofónicos o en los amplificadores para cintas.

Para suministrar un punto de referencia fácilmente identificable, debe lograrse el balanceo entre los distintos componentes cuando el control de balanceo esté en su posición media —la perilla en la posición correspondiente a la hora 12—. (En el caso de los controles de ganancia separados, el balanceo debe tener lugar cuando ambos se hayan desplazado en el mismo ángulo de rotación, como queda indicado por las marcas de sus respectivas perillas). Es posible apartarse temporariamente de este punto de referencia para lograr un efecto deseado, pero debe poderse retornar siempre al mismo como medio de orientación. Obteniendo el balanceo entre los componentes en la posición media del control respectivo, se tiene igual reserva en cualquier dirección para corregir otros desbalanceos. Por ejemplo, si para lograr el balanceo ha debido girarse el control casi por completo en el sentido de las agujas del reloj, podría quedar escasa reserva para compensar una fuerte desigualdad entre los niveles de los canales en una cinta o disco estereofónico.

Los requisitos precedentes conducen a una importante regla: antes de recurrir al control de balanceo debe buscarse este último por cualquier otro medio disponible. La misión esencial del control de balanceo consistirá entonces en compensar las diferencias debidas bien a desigualdades en el nivel de los canales de la fuente de programa (disco,

cinta, estéreodifusión), bien el error de arrastre del control maestro de ganancia.

El procedimiento de balanceo estereofónico puede dividirse en cuatro pasos:

1. En primer lugar, el control de balanceo se lleva a su posición media, el punto de referencia. Dado que la rotación del control maestro de ganancia puede alterar el balanceo entre canales, este control se coloca en la posición de audición normal (idealmente en el ángulo comprendido entre la hora 12 y la hora 2 de un reloj), tomándose nota de la misma como un punto de referencia. Con el control de balanceo en la posición media y el control maestro de ganancia en su posición normal, *iguales* señales de entrada en cada canal del sistema estereofónico, procedentes de un disco, cinta o radio, deben establecer iguales niveles de sonido en los parlantes.

2. El segundo paso consiste en suministrar la *misma* señal (no la mitad de un programa estereofónico) a cada canal de la fuente de señal; esto es, a la cápsula, cabeza de cinta o sintonizador estereofónicos. Un disco monofónico representa un medio cómodo de alimentar señales idénticas, iguales en nivel y contenido de frecuencias, a cada sección de una cápsula estereofónica. En el caso de cabezas de cintas para estéreo, pueden obtenerse cintas de prueba que suplen alternativamente la misma señal a cada sección de la cabeza. Otro método consiste en transportar un rollo de cinta borrada desde un carretel a otro, con el aparato en la posición de reproducción, y sostener firmemente una barra magnética contra la cinta en movimiento. Esto introducirá en todo el ancho de la cinta, una cantidad sustancial de ruido; el ruido puede ser usado entonces como una señal apta para ser presentada a cada sección de la cabeza. (Después que la cinta haya cumplido su propósito, se aplicará un desmagnetizador a las cabezas para suprimir la magnetización resultante de la señal de CC contenida en la cinta.)

Cuando se trate de un par de sintonizadores de MA y MF utilizados para recibir estereodifusión, debe procederse a sintonizar cada uno de ellos en un programa monofónico irradiado por la misma estación de MA-MF que transmite el material estereofónico. Si se acostumbra a escuchar más de una de tales estaciones, debe buscarse el balanceo con respecto a la estación que se sintoniza con mayor frecuencia para programas estereofónicos. Suponiendo que el balanceo entre los sintonizadores de MA y MF varíe con la estación, los ajustes para las otras estaciones pueden hacerse con el control de balanceo o con el control de volumen de uno de los sintonizadores (el que tenga el nivel más alto).

3. El paso siguiente es procurarse los recursos necesarios para

efectuar una rápida conmutación entre dos condiciones: canal izquierdo activo, canal derecho inactivo, o bien canal izquierdo inactivo, canal derecho activo; esto permite comparar el nivel de sonido de cada parlante cuando se reproduce la misma señal. Algunos amplificadores estereofónicos incluyen una disposición conmutadora que permite escuchar en su propio parlante el canal L, o en la misma forma el canal R; otros no cuentan con esta facilidad en cuyo caso, el oyente puede instalar una llave, tal como la que se indica en la figura 809, que le posibilitará alternar los sonidos de los dos parlantes. Para una comparación precisa entre los niveles de sonido de los parlantes, el oyente debe situarse en una posición equidistante de ambos; a efectos de reducir el error, los parlantes pueden acercarse entre sí temporariamente.

4. El paso final se reduce a ajustar los controles de nivel (ya sea en el amplificador de control, el de potencia o el integral) y los controles de volumen (en los sintonizadores y en el amplificador para reproducción de cintas) para lograr el balanceo acústico mientras se efectúa la conmutación entre los parlantes. Por lo general, la distorsión es menor cuando se reduce la señal en las primeras etapas del sistema de audio; por lo tanto, si se ha de decidir entre utilizar, para lograr el balanceo, el ajuste de nivel del amplificador de control o el del amplificador de potencia, es usualmente preferible emplear el primero (por el contrario, reduciendo el nivel en el amplificador de potencia, se obtiene la ventaja de disminuir el ruido introducido por el amplificador de control).

De acuerdo con el tipo de amplificador de control o integral que se use, pueden haber ajustes de nivel para algunas fuentes de señal pero no para otras. El procedimiento en este caso sería balancear primero la fuente de señal para la cual no se poseen ajustes de nivel; si no se dispone de otros medios de ajuste, utilícese el control de balanceo. La posición resultante de este último se tomará como punto de referencia y dejándolo en ella, se procederá entonces a balancear las fuentes para las que se han previsto ajustes de nivel. Para ejemplificar, supongamos un amplificador estereofónico integral que contiene ajuste del nivel de entrada solamente para amplificador de cintas estereofónicas y para sintonizadores, no contando con ellos para cápsula fonomagnética. Puesto que se trata de un amplificador integral no hay ajustes disponibles en el amplificador de potencia. En consecuencia, debe buscarse el balanceo de las señales de fono por medio del control de balanceo y dejándolo en la posición hallada, se igualarán las señales del reproductor de cinta utilizando los ajustes de nivel del amplificador integral; luego se procederá del mismo modo con respecto a las señales de los sintonizadores.

Ocasionalmente, los únicos ajustes de nivel disponibles son los que corresponden al amplificador de potencia; el procedimiento en tales circunstancias podría ser el que sigue: primero, empleando estos ajustes, se igualan las señales de la cápsula fonomagnética con el control de balanceo en su posición media. Segundo, se ajustan los sintonizadores por medio de sus respectivos controles de volumen, tomando nota de las posiciones que corresponden al balanceo. Tercero, se igualan las señales del reproductor de cinta con los controles de volumen del mismo, tomando nuevamente nota de las posiciones correspondientes al equilibrio. Si las señales de cinta se toman directamente de la cabeza registradora, habrá que ajustar las mismas por intermedio del control de balanceo, señalando las posiciones obtenidas.

Puede ocurrir que no se haya previsto ningún ajuste de nivel; en tales condiciones, será necesario remitirse al control de balanceo para cada fuente de señal, anotando en cada caso la posición del control. Para la fuente usada con mayor frecuencia, por ejemplo la de fono, resulta conveniente retirar la perilla del control de balanceo y reubicarla de modo que indique la posición de la hora 12 del reloj cuando se obtenga el equilibrio, aunque el eje del control no se encuentre en su posición media. En esta forma, será fácil recordar esa indicación como correspondiente al balanceo de las señales de fono; sin embargo, no será posible rotar el control en iguales proporciones a la izquierda y a la derecha.

Balanceo para la salida del canal fantasma.

Algunos amplificadores de control estereofónicos proveen un jack de salida para canal fantasma que entrega iguales cantidades de se-

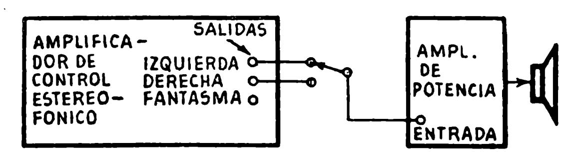


Fig. 1011. *Una forma de balancear las señales de salida del amplificador de control estereofónico.*

ñales izquierdas y derechas. Consecuentemente, el procedimiento de balanceo debe atender a que estén presentes señales iguales en los jacks de salida izquierdo y derecho del amplificador de control, lugar en el que se obtiene la salida del canal fantasma.

Puede emplearse un instrumento para efectuar las comprobaciones en los jacks de salida, pero si no se dispone de él, recúrrase al oído como un medio adecuado de medición. Esto impone la necesidad de conectar en forma alternada, a los jacks de salida izquierdo y derecho del amplificador de control, una combinación de amplificador de potencia y parlante, tal como se ve en la figura 1011. Algunos tipos

de amplificadores cuentan con disposiciones conmutadoras para este propósito; si no fuera así, el oyente puede improvisarlas. Luego de asegurarse que emanan señales iguales de estos jacks, los amplificadores de potencia y los parlantes se reconectan en su forma normal. Seguidamente, se regulan los ajustes del nivel de entrada en los amplificadores de potencia para obtener el balanceo del sistema como un conjunto, utilizando para ello las disposiciones conmutadoras de la figura 809 u otros recursos del amplificador, para alternar los sonidos entre los dos parlantes.

Balanceo para desigualdades en la fuente de programa.

Cuando los dos canales de la fuente de programa tengan niveles desiguales, se compensarán girando el control de balanceo a partir de su posición de referencia. Utilícense los medios conmutadores del amplificador o la disposición de la figura 809 para alternar el sonido entre los dos parlantes hasta que el oído indique que el balanceo se ha obtenido satisfactoriamente.

Balanceo para el error de arrastre.

Una vez que el sistema estereofónico haya sido balanceado con el control maestro de ganancia en la posición de audición normal, dedíquese un tiempo a estudiar lo que sucede con el balanceo cuando aquél control se adelanta o se atrasa. Tómese nota de los ajustes requeridos en el control de balanceo para restaurar la igualdad de las señales en las diferentes posiciones del control maestro de ganancia.

Balanceo para la posición del oyente.

Es discutible si debe ajustarse el control de balanceo para compensar una posición del oyente que no equidiste aproximadamente de cada parlante; una opinión se basa en que el cambio de posición del oyente, equivale a tomar asiento a la izquierda o la derecha de una sala de conciertos en lugar de hacerlo en el centro de la misma (o en otro sitio), y por lo tanto no debe modificarse el balanceo. El otro punto de vista consiste en que el oyente situado a la izquierda de una sala de conciertos podría resultar beneficiado si los miembros de la orquesta ubicados sobre el lado derecho ejecutan algún pasaje muy sonoro; el control de balanceo permite obtener con cierta aproximación esta clase de efecto.

Fase.

Un paso importante en la formación de una instalación estereofónica es el de poner en relación de fase los sistemas de parlantes. El

tema ha recibido ya un tratamiento completo en los capítulos 8 y 9 y referimos al lector a lo considerado en esa ocasión.

Reducción del ruido y la distorsión.

Los ajustes de nivel incluídos en el amplificador de control y en el de potencia son útiles no solamente a los efectos del balanceo sino también, como ocurre en una instalación monofónica, para la reducción del ruido y la distorsión. La atenuación de estos elementos perturbadores adquiere especial importancia en el estéreo debido a que no solamente resultan molestos por su propia esencia, sino también, porque destruyen la ilusión estereofónica.

Los ajustes de nivel del amplificador de control habilitan al oyente para impedir que las fuentes de señales de alto nivel (cápsula de fono piezoeléctrica, sintonizador, amplificador para cinta, receptor de TV) sobrecarguen el amplificador en el caso de que la señal atraviese una o más etapas de válvula antes de alcanzar el control de volumen. De igual modo, aquellos previenen la sobrecarga de la etapa siguiente por efecto de la señal del preamplificador (para cápsula fonomagnética, cabeza de cinta y micrófono).

El ajuste del nivel de entrada en el amplificador de potencia resulta útil para eliminar el ruido introducido por el amplificador de control (debe hacerse notar que este ajuste de nivel puede servir también para evitar que el amplificador de potencia sea excitado a niveles suficientes como para dañar el parlante).

El procedimiento consiste en retrasar el ajuste de nivel del amplificador de potencia con el objeto de reducir el ruido generado en el control después del control de volumen. Sin embargo esto significa que el amplificador de control debe partir de una señal más alta lo cual lo expone a un aumento significativo en la distorsión. En consecuencia, al efectuar este ajuste, se verificará (usando la evidencia de los oídos) que el amplificador de control no trabaje tan sobrecargado como para que la distorsión aumente perceptiblemente. El problema no es crítico en un amplificador de alta calidad, que es capaz de entregar de 2 a 4 volts con distorsión imperceptible, dado que puede excitarse correctamente el amplificador de potencia (y a su vez el parlante) por cualquier señal comprendida entre 0,1 y 0,5 volts.

índice

Ch

D

E

F

G

H

I

L

M

N

O

P

R

S

W

X

Z

SE TERMINÓ DE IMPRIMIR
EL DÍA 20 DE JULIO
DEL AÑO MIL NOVECIEN-
TOS SESENTA, EN LA
IMPRENTA LÓPEZ,
PERÚ 666, BUENOS AIRES,
REPÚBLICA ARGENTINA.

Otros Libros de ARBO EDITORES

Este libro perteneció
al Sr. Néstor Gilardón,
y me fue donado por su viuda,
por sugerencia de nuestro amigo mutuo,
el Sr. Jorge Casalía.